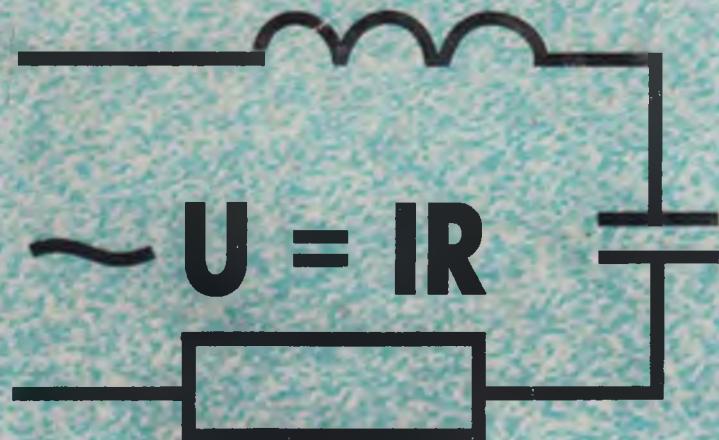


32
D-27

А. РАҲИМОВ

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
ВА ЭЛЕКТРОНИКА
АСОСЛАРИ



А. РАҲИМОВ

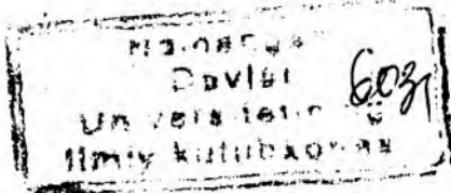
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА ВА ЭЛЕКТРОНИКА АСОСЛАРИ

Узбекистон Республикаси Олий ва урта махсус таълим
вазирлігиги университетларнинг талабалари учун
дарсланк сифатида тавсия этган

НАМАНГАН – 2003 йил.

Тақризчилар:

Тошкент Давлат техника университети умумий ва назарий электротехника кафедраси доценти О. Бурхонхўжаев, Наманган мұжандислик педагогика институти электротехника кафедраси мудири, т. ф. н. доцент М. Жўрабоев.



ББК 31. 21+31.264 5я 722

"Электротехника ва электроника асослари" дарслигига бир фазали синусоидал ўзгарувчан ток занжирлари, уч фазали ток ва унинг қўлланилиши, электр ўлчаш асбоблари, трансформаторлар, электр машиналари ва электроника асослари баён қилинган.

Дарслик университетларнинг талабалари учун мўлжалланган.

НГ 339-474,1-508850 2003 йил
340-16,0-(06)-03

Абдулла РАҲИМОВ



1935 йилда Наманган туманида дәхқон оиласида туғилган. 1954 йилда ўрта мактабни битирган. 1959 йили Тошкент педагогика институтининг физика факультетини имтиёзли диплом билан тутатди. Меҳнат фаолиятини 1959-60 йилларда Наманган шаҳридаги 20-ўрга мактабда ўқитувчиликдан бошлаган. 1961 йилнинг январ ойидан Наманган Давлат педагогика институти физика кафедрасида ишлай бошлади.

1964 йилдан кафедрада катта ўқитувчи, 1968-70 йилларда факультет сиёсий ишида котиб бўлиб фаолият кўрсатди.

Номзодлик диссертациясини 1974 йилда ёқлади. 1975-81 йилларда математика-физика ўқитиш методикаси кафедрасига мудирик қилди.

А. Раҳимов 1981-93 йилларда институт ўқув ишлари проректори бўлиб ишлади. 1981-88 йилларда унинг "Умумий электротехника", "Электротехникадан практикум", "Электротехника ва электроника асослари" номли дарслик ва ўқув қўлланмалари босилиб чиқди. А. Раҳимовнинг педагогик ва илмий-методик ишлари натижаларига асосланиб, унга 1989 йилда профессорлик унвони берилди. У ҳозиргача 80 дан ортиқ илмий-методик мақолалар чоп эттириди.

Профессор А. Раҳимов Ўзбекистон . Республикаси Президентининг 1992 йил 14 декабр Фармони билан "Ўзбекистон Республикасида хизмат кўрсанган халқ таълими ходими" фахрий унвони билан мукофотланган.

Профессор А. Раҳимов 1993-98 йилларда физика-химия факультетига деканлик қилди. С. Сайдалиев, Г. Тубаев, Х. Акрамов, У. Маҳмудхўжаев ва С. Турғуновлар унинг бевосита ёрдамида номзодлик диссертациясини ҳимоя қилиб, ҳозир вилоятимиз олий ўқув юргларида ишламоқдалар. У 1998 йилдан экспериментал физика кафедрасига мудирик қилмоқда.

Профессор А. Раҳимов московалик олимлар билан ҳамкорликда 5 та муаллифлик гувоҳномасини олишга сазовор бўлди. Устоз, муаллим, профессор Абдуллоҳ ҳожи Раҳимов чарчамас, жонкуяр, талабчан ва меҳрибон олимдир.

СҮЗ · БОШИ

Электр энергиядан ишлаб чиқаришда ва турмушда кенг фойдаланиш электротехниканинг илмий предмет сифатидаги аҳамиятини анча оширади. Шу сабабдан университетларнинг физика, физика-астрономия ва касб танлаш факультетларида электротехника ва электроника асосларини ўқитишга катта аҳамият берилмоқда.

Муаллиф дарсликда Кадрлар тайёрлаш миллий дастури талаблари асосида бўлажак мутахассисларни замонамиз талаб-эҳтиёжларига хизмат қила олиш руҳида тарбиялашни бош масала қилиб қўйган. Дарсликнинг яратилиши муаллифнинг Наманган Давлат университетида 40 йилдан ортиқ шу фандан дарс бериши асос қилиб олинган.

Муаллиф китоб қўлёзмасини кўриб чиқиб, қимматли маслаҳатлар берганликлари учун Тошкент Давлат техника университети умумий ва назарий электротехника кафедраси доценти С. Бурхонхўжаев, Наманган мұхандислик педагогика институти электротехника кафедрасининг мудири доцент М. Жўрабоев, Наманган Давлат университети экспериментал физика кафедраси доцентлари А. Мамадалиев, З. Жамалолова-ларга миннатдорчилик билдиради.

Ушбу дарсликнинг яратилиши дастлабки тажрибалардан иборат бўлганлиги сабабли унда баъзи камчиликлар учраши табиий.

МУАЛЛИФ.

КИРИШ

Ҳозирги замон энергетикаси мустақил мамлакатимиз халқ хўжалигининг асосий тармоғидир. У фан-техника тараққиётини ривожлантиришда, ижтимоий ишлаб чиқаришни жадаллаштиришда ҳал қўлиувчи вазифани бажаришга имконият яратиб беради. Ҳозирги вақтда фойдаланиладиган барча энергия турларини энг кўпи электр энергиясиdir. Энергиянинг бу турини кундалик амалиётда электр энергияси деб қабул қилинган.

Электротехника – электр ва магнит ҳодисаларидан амалда фойдаланиш ҳақидаги фандир. У электр энергия ишлаб чиқариш, уни узатиш ва ундан фойдаланиш ҳақидаги комплекс масалаларни ҳал қиласди.

Электр энергия энергиянинг универсал бир формаси бўлиб, қуйидаги хусусиятларга эга:

- электр энергияни кам исроф билан узоқ масофаларга узатиш мумкин;
- бошқа тур энергияларга (механик, иссиқлик, ёруғлик, химик ва товуш энергияларига) осон ўзгартирилади;
- ишлаб чиқаришни комплекс автоматлаштириш ва механизациялашга имкон беради.

Мамлакатимизда электротехника фанини ривожлантириш, электротехника саноати учун юқори маълакали мутахассис кадрлар тайёрлашда Ўзбекистон Республикаси Фанлар Академияси мухбир аъзоси, марҳум F. Раҳимов, академиклар М. З. Хомидхонов, X. Ф. Фозилов, профессорлар П. Ф. Ҳасанов, А. С. Каримов, Н. М. Усмонхўжаев, Р. X. Маллин, С. М. Мажидовларнинг хизматлари бекиёсдир.

Ўзбекистон Республикасида энергетиканинг ривожланиш режасига кўра 1926 йилда Бўзсув электр станцияси ишга туширилди. Сўнгра Чирчиқ, Тошкент ГЭСлари каскади, Фарҳод ГЭС, Ангрен, Фарғона иссиқлик электр станциялари ишлай бошлиди. Ҳозирда катта қувватли Тошкент, Сирдарё ГРЭСлари ишламоқда. Республикаизда электр энергиясидан фойдаланиш йилдан йилга ортиб бормоқда. Эндиликда мустақил Ўзбекистон Республикасидаги электр станциялари қуввати 1913 йилдагига қараганда 400 мартадан ошган.

Ўзбекистон төг дарёларида, сугориш каналларида энергия ресурсларидан фойдаланиш мақсадида жуда кўп электр станциялари қурилди. Тошкент обlastида Чирчиқ – Бўзсув каскади, Фарғона водийсида Шаҳрихон ва Наманган каскадлари барпо этилди. 1948 йили Сирдарёда Фарҳод гидроэлектр станцияси ишга тушди. Фарғона, Қувасой ва Тошкентда йирик иссиқлик электр станциялари қурилди. Оҳангарон кўмир ҳавзасида катта қувватли Оҳангарон иссиқлик станцияси ишлай бошлади. Тошкентда, Навоийда ва Муборакда табиий газдан фойдаланиб ишлайдиган жуда йирик иссиқлик электр станциялари қурилди. Сирдарёда йирик ГРЭС қурилиши тугалланди.

Қардош қўшни республикаларда қурилган ва қурилаётган электр манбалари ҳам Ўзбекистон халқ хўжалигини электр энергияси билан таъминлашда катта аҳамиятга эга. Тожикистонда қурилган Қайроқкум ва Нурак гидроэлектр станциялари, Қирғизистонда қурилган Учқўргон ва Тўхтагул электр станциялари ва бошқа бир қанча энергетика манбалари мамлакатимиз иқтисодининг янада ривожланишига катта ҳисса қўшади.

1 БОБ. БИР ФАЗАЛИ ЎЗГАРУВЧАН ТОК ЭЛЕКТР ЗАНЖИРЛАРИ

1.1. СИНУСОИДАЛ ЭЛЕКТР ЙОРИТУВЧИ КУЧ ҲОСИЛ ҚИЛИШ

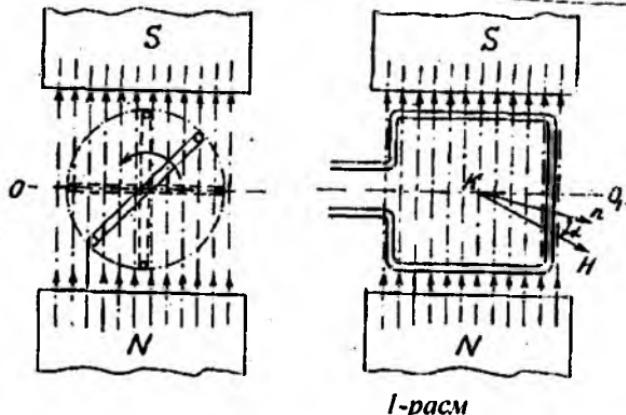
Ўзгарувчан ток халқ хўжалигига беқиёс амалий аҳамиятга эга. Шуни айтиб ўтиш кифояки, мустақил Ўзбекистон Республикасида деярли бутун электр энергияси ўзгарувчан ток ҳолида ишлаб чиқарилади. Бунга биринчи сабаб шуки, ўзгарувчан токни трансформациялаш мумкин, яъни турли кучланишли токлар – узоқ масофаларга узатиш учун юксак кучланишли ва турли истеъмолчиларни таъминлаш учун паст кучланишли ўзгарувчан токлар олиш мумкин. Саноат (электрохимия), транспорт (электр ёрдами билан тортиш), алоқа ва бошқалар учун зарур бўлган ўзгармас ток ҳозирги вақтда ўзгарувчан токни тўғрилаш йўли билан олинади.

Вақт ўтиши билан йўналиши ва катталиги жихатидан ўзариб турувчи даврий ток ўзгарувчан ток деб аталади. Улар ичида энг оддийси ва қулайи синусоидал токлардир.

Синусоидал ўзгарувчан токни қуйидаги усулда ҳосил қилиш мумкин.

Бир жинсли магнит майдонга берк ўтказгич жойлаштирилган деб фараз қиласлик (1-расм). Берк ўтказгич 90° га бурилганда

унинг кўндаланг кесим юзини кесиб ўтган индукция оқими нолга teng бўлади. Магнит майдон кучланганлиги H билан ўтказгич юзига ўтказилган n нормаль орасидаги бурчак α бўлганда индукция оқими қу-



Йидағига teng бўлади:

$$\Phi = \Phi_0 \cos \alpha .$$

Берк ўтказгичнинг айланиши бир текис бўлиб, T давр ичида тўла бир марта айлансан, у ҳолда

$$\alpha = \frac{2\pi}{T} t = \omega t,$$

бунда $\omega = \frac{2\pi}{T}$ – ўтказгичнинг бурчак тезлиги, t – вақт бўлади:

$$\Phi = \Phi_0 \cos \omega t,$$

яъни магнит индукция оқими вақт бўйича ўзгаради.

Берк ўтказгич айланишида магнит майдон оқимининг ўзгариши туфайли индукция электр юритувчи кучи вужудга келади:

$$e = -\frac{d\Phi}{dt},$$

бу ерда Φ – ўтказгич юзасига тик йўналган магнит оқими. Ифодадаги манфий ишора э. ю. к. нинг ҳосил қилган кучга нисбатан доимо қарама-қарши йўналганини кўрсатади.

Оқимнинг ўзгариши

$$\frac{d\Phi}{dt} = -\Phi_0 \omega \sin \omega t,$$

бинобарин,

$$e = \Phi_0 \omega \sin \omega t$$

Шундай қилиб, бир жинсли магнит майдонида берк ўтказгич бир текис айланганида синусоидал ўзгарувчи ЭЮК вужудга келади:

$$e = E_m \sin \omega t \quad (1.1)$$

Бунда E_m – ЭЮК нинг катта қийматини билдиради.

Агар (1.1.) ифоданинг ҳар икки томонини ташки занжир қаршилиги R га бўлсак, занжирдаги оний токнинг қийматини ҳосил қилиш мумкин, яъни

$$i = I_m \sin \omega t, \quad (1.2)$$

бу ерда i – синусоидал токнинг оний қиймати. Шу оний қийматлар ичиде энг каттаси I_m – максимал қиймат ёки эффектив қиймат.

(1.2.) тенглик билан ифодаланган ток синусоидал ўзгарувчан ток ёки қисқача синусоидал ток деб аталади. Ҳар қандай шаклдаги ўзгарувчан токни бир-бирига устма-уст тушган кўп сонли синусоидал токларнинг йифиндиси деб қараш мумкин, шунинг учун синусоидал ток ўзгарувчан токнинг оддий шаклидир.

Электр юритувчи кучнинг оний қиймати e ни аниқлаш учун унинг амплитуда қийматини E_m фазовий бурчак синусига кўпайтириш керак.

Буни график равишда тушунтириш учун токнинг амплитуда қийматига тенг бўлган Oa чизигини чизиб, уни саот стрелкаси йўналишига тескари томонга айлантирусак (айлантиришнинг бу

йўналишини мусбат деб қабул қилинган), унда бу чизиқнинг учи E_m радиус билан доира чизади (2-расм). Бирор t вақт ўтиши билан бу чизиқ α бурчакка бурилади ва Ob вазиятни эгаллайди. Ob чизиги учидан вертикаль диаметрга перпендикуляр тушириб, Ob тўғри бурчакли учбурчакка эга бўламиз. Бу учбурчакдан қўйидагини топамиз:

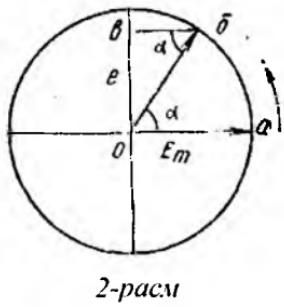
$$Ob = E_m \sin \alpha$$

Олинган тенгликни $e = E_m \sin \alpha$ тенглама билан тақъосласак, Ob чизиқ ЭЮК нинг фазовий бурчак α га мос бўлган оний қийматини акс эттиришини кўрамиз.

ЭЮК ва кучланишларни маълум узунликдаги ва йўналишдаги тўғри чизиқ ёки векторлар тарзида ифодалаш усули ўзгарувчан токлар назариясида кенг қўлланилади. Айрим электр катталиклари орасидаги боғланишнинг графикада векторлар билан ифодаланиши векторлар диаграммаси деб аталади.

Ўзгарувчан ЭЮК ўзгаришининг тўла цкли (бир марта тўла айланиб чиқиши) учун зарур бўлган вақт тебранишлар даври ёки қисқача давр дейилади. Давр T ҳарфи билан белгиланади ва секунд ҳисобида ўлчанади.

Бир секунддаги тебранишлар сони, тебранишлар частотаси ёки қисқача частота дейилади. Частота f ҳарфи билан



2-расм

белгиланади, герц (Гц), килогерц (кГц) ҳисобида ўлчанади. Биз кўрган вектор диаграммада радиус-вектор деб аталувчи $0\vec{a}=E_m$ радиус бир тўла T давр ичида бурчак чизгани учун $\frac{2\pi}{T}$ нисбат бир секундда ўша радиус-вектор чизган бурчак бўлади, $\frac{2\pi}{T}$ нисбат радиус-векторнинг бурчак тезлигини ифодалайди ва у электротехникада бурчак частотаси деб қабул қилинган. Бурчак частотаси грекча ω ҳарфи билан белгиланади.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (1.3)$$

Агар α бир секундда радиус-вектор чизган бурчакни акс эттиrsa, у ҳолда t вақт ичида бизга маълум бўлган ва фаза деб аталувчи ўша радиус-вектор чизган α бурчаги қўйидагига тенг бўлади:

$$\alpha = \frac{2\pi \cdot t}{T}.$$

Радиус-векторнинг тўла бир айланиб чиқиши T вақт ичида ўтгани учун частота билан давр орасида қўйидаги муносабат мавжудdir:

$$f = \frac{1}{T}$$

ёки

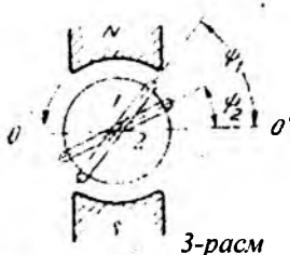
$$T = \frac{1}{f}.$$

Т нинг қийматини (1.3) ифодага қўйиб, қўйидагини ҳосил қиласмиш:

$$\omega = 2\pi f,$$

бу ифода ўзгарувчан ток фазасининг 1 секундда неча радиан ўзгаришини кўрсатади. Масалан, 50 Гц частота учун бурчак частотаси $\omega = 314$ рад/сек.

1.2. ФАЗА ВА ФАЗАЛАР СИЛЖИШИ



Генераторнинг якорида бир хил, лекин фазода бир-бирига нисбатан силжиган иккита ўрам бор деб фаза қиласайлик (3-расм).

Якорь айланганда бу (1.2.) ўрамларда, улар бир хил тезлик билан ва битта магнит майдонида айланганлиги сабабли частота ҳамда амплитудалар бир хил

бўлган электр юритувчи кучлар индукцияланади. Лекин ўрамлар фазада бир-бирига нисбатан силжиганлиги учун электр юритувчи кучлар ўзларининг амплитуда қийматларига бир вақтда эриша олмайди.

Агар соат стрелкаси йўналишига тескари айланадиган якорнинг биринчи ўрами вақт ҳисобланса бошлаган ($t = 0$) моментда нейтрал текислик 00^1 устида ётмасдан, унга нисбатан ψ_1 бурчак остида жойлашган бўлса (3-расм), у ҳолда биринчи ўрамда индукцияланган электр юритувчи куч вақтнинг ихтиёрий t моментида

$$e_1 = E_m \sin (\omega t + \psi_1); \quad (1.4)$$

иккинчи ўрамдаги электр юритувчи куч эса

$$e_2 = E_m \sin (\omega t + \psi_2) \quad (1.5.)$$

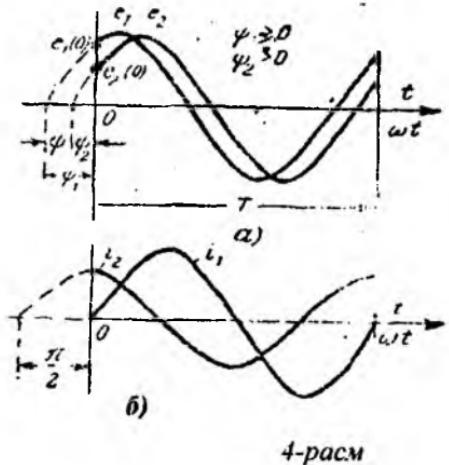
бўлади.

(1.4) ва (1.5) ифодалардан электр юритувчи кучнинг қиймати амплитуда E_m билан $\sin (\omega t + \psi)$ га боғлиқ деган холоса чиқади. Бурчак $\omega t + \psi$ фаза бурчаги ёки фаза деб аталади. Шундай қилиб, электр юритувчи кучнинг оний қиймати амплитуда билан фазага боғлиқ экан.

Вақтнинг бошланғич моменти ($t = 0$) да биринчи ва иккинчи ўрамларда индукцияланган электр юритувчи кучлар мос равища

$$e_1 = E_m \sin \psi_1;$$

$$e_2 = E_m \sin \psi_2.$$



4-расм

лангич фаза координаталар системасининг қаратиб, манфий бошлангич фаза эса – ўиг томонга қаратиб қўйилади. Частоталари бир хил иккита синусоидал бошлангич фазаларнинг фарқи фазалар силжиш бурчаги (ψ ҳарфи билан белгиданади) ёки фазалар силжиши деб аталади. Мусбат бошлангич фаза координаталар системасининг қаратиб, манфий бошлангич фаза эса – ўиг томонга қаратиб қўйилади. Частоталари бир хил иккита синусоидал бошлангич фазаларнинг фарқи фазалар силжиш бурчаги (ψ ҳарфи билан белгиданади) ёки фазалар силжиши деб аталади:

$$\psi = \psi_1 - \psi_2 \quad (1.6)$$

Фазалар силжиш бурчагини бурчак частотага бўлсак, силжиш вақтни топамиз:

$$\frac{\psi}{\omega} = \frac{\psi T}{2\pi} = t_{12}$$

t_{12} вақт бирорта синусоидал катталик иккинчи бир синусоидал катталиқдан қанча вақт илгари ўзининг ноль қийматларига (ёки амплитуда қийматларига) эришишини кўрсатади.

Агар бирорта катталик ўзининг ноль қийматига иккинчи бир катталикка нисбатан илгарироқ эришса, у фаза бўйича илгари юритувчи, худди шу қийматларига кейинроқ эришувчи катталик эса фаза бўйича орқада юритувчи катталик деб аталади. Масалан, 4-расм, а да тасвирланган электр юритувчи кучлар учун e_1 электр юритувчи куч e_2 электр юритувчи кучдан фаза бўйича $< \psi$ га (ёки t_{12} вақтга) илгари юради -ёки бошқача, e_2 электр юритувчи

Электр юритувчи кучлар бошлангич ординаталар ($t = 0$ моментидаги ординаталар) билан 4-расм, а да тасвирланган.

Электр юритувчи кучларнинг вақтнинг бошлангич моментдаги қийматларини белгиловчи ψ_1 ва ψ_2 бурчаклар бошлангич фаза бурчаклари ёки бошлангич фазалар деб аталади. Мусбат бошлангич фаза координаталар системасининг қаратиб, манфий бошлангич фаза эса – ўиг томонга қаратиб қўйилади. Частоталари бир хил иккита синусоидал катталик

куч e_1 электр юритувчи кучдан $< \psi$ га (ёки t_{12} вақтга) орқада юради деб айтиш мумкин.

Агар икки синусоидал катталиктининг бошланғич фазалари бир хил бўлса, у ҳолда улар ўзларининг ноль (ёки амплитуда) қийматларига бир вақтда эришади, бундай синусоидал катталиклар фаза бўйича устма-уст тушади, яъни ($\psi = 0$) бўлади.

4-расм, б да фазаларнинг силжиши 90^0 га ёки чорак даврга тенг бўлган иккита ток тасвирланган, бунда t_1 токнинг бошланғич фазаси нолга, t_2 токники эса 90^0 га тенг, яъни

$$i_1 = I_{m1} \sin \omega t; \quad t_2 = I_2 \sin (\omega t + \frac{\pi}{2})$$

бошланғич фазаси $\frac{\pi}{2}$ га тенг бўлган синусоидани бошланғич фазаси нолга тенг бўлган косинусоида сифатида тасаввур қилиш мумкин.

Фазалар силжиш бурчаги 180^0 ($\psi = \pi$) га тенг бўлган синусоидал катталиклар ҳақида улардан бири тескари фазада ўзгарилиди деб айтилади.

1.3. ЎЗГАРУВЧАН ТОКНИНГ ЭФФЕКТИВ ВА ЎРТАЧА ҚИЙМАТЛАРИ

Бизга маълумки, $u = U_m \sin \omega t$ ва $i = I_m$ ифодалар кучланиш ва токнинг айрим пайтларга мос оний қийматларини ўзида акс эттиради. Шунинг учун ўзгарувчан ток қиймати ҳақида фикр юритилганда, уни шундай эквивалент ўзгармас ток қийматига тенглаштирилади, бундай ток ўша ўзгарувчан ток ўтаётган қаршиликдан ўтиб, бир хилдаги иссиқлик таъсири ҳосил қиласи, яъни бир хил вақт оралиғида (бир ёки бир қанча T даврларда) бир хил миқдордаги иссиқлик ажратади. Ўзгарувчан токнинг бундай қиймати унинг таъсири этувчи ёки эффектив қиймати деб аталади.

Токнинг эффектив қиймати ўзгарувчан токнинг синусоидал ўзгариш процессида унинг оний қиймати эришадиган максимал қийматидан кичик бўлади.

Үзгарувчан ток маълум бир қаршиликли ўтказгичдан ўтиб, унда ҳар бир секундда маълум миқдорда иссиқлик чиқаради, дейлик. Шу ўтказгичнинг ўзидан, ундан ўтганда маълум миқдорда иссиқлик чиқарадиган, үзгармас ток ўтказиш ҳам мумкинлиги ўз-ўзидан равшан.

Ўзгарувчан ток ўтказгичда маълум вақт ичида қандай миқдорда иссиқлик чиқарган бўлса, шу вақт ичида ўшанча иссиқлик чиқарган ўзгармас токнинг иш бажарадиган қиймати унинг эффектив қиймати дейилади.

Электр занжиридан ўзгармас ток ўтганда ажралиб чиқсан иссиқлик миқдори:

$$Q_1 = I^2 R t \quad (1.7)$$

Ўзгарувчан ток ўтганда ажралиб чиқсан иссиқлик миқдорини

$$Q_2 = R \int_0^T i^2 dt \quad (1.8)$$

интеграл орқали ифолаш мумкин. Ўзгармас ток билан ўзгарувчан ток таъсири бир-бирига тенг бўлгани учун $Q_1 = Q_2$ деб ёзиш мумкин. Шунинг учун

$$I^2 R T = R \int_0^T i^2 dt$$

бундан

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} \quad (1.9)$$

Бу ифодага синусондал токнинг оний қиймати

$$i = I_m \sin \omega t$$

ни қўйиб интегрални ҳисоблаймиз:

$$\int_0^T i^2 dt = I_m^2 \int_0^T \sin^2 \omega t dt = \frac{I_m^2}{\omega} \int_0^T \sin^2 \omega t dt = \frac{I_m^2}{\omega} \int_0^{2\pi} \sin^2 \alpha d\alpha,$$

лекин

$$\sin^2 \alpha = \frac{1 - \cos 2\alpha}{2}$$

шунинг учун

$$\begin{aligned} \int_0^T i^2 dt &= \frac{I_m^2}{\omega} \int_0^{2\pi} \sin^2 \alpha d\alpha = \frac{I_m^2}{\omega} \left[\frac{1}{2} \int_0^{2\pi} d\alpha - \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} \cos 2\alpha d\alpha \right] = \\ &= \frac{I_m^2}{\omega} \left[\frac{1}{2} \alpha \Big|_0^{2\pi} - \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \left| \sin 2\alpha \right|_0^{2\pi} \right] = \frac{I_m^2}{\omega} \left[\frac{2\pi}{2} - \frac{1}{4} \sin 4\pi \right] = \frac{I_m^2 \pi}{\omega}. \end{aligned}$$

Бу ифодани (1.9) га қўйиб синусоидал токнинг эффектив қийматини топамиз:

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \frac{I_m^2 \pi}{\omega}} = I_m \sqrt{\frac{\pi T}{T 2\pi}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}. \quad (1.10)$$

Бу қиймат синусоидал токнинг эффектив қиймати деб юритилади.

ЭЮК ва кучланишнинг эффектив қийматларини ҳам шу тарзда ёзиш мумкин:

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}; \quad U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}. \quad (1.11)$$

Синусоидал токнинг эффектив қийматини унинг механикавий таъсиридан фойдаланиб ҳам исбот қилиш мумкин.

Бунинг учун токли икки ўтказгичнинг ўзаро таъсирини кўрик чиқайлик.

Ўтказгичлардан ўзгармас электр токи ўтганда ўтказгичларнинг ўзаро таъсир кучи ток кучларининг кўпайтмасига тўғри пропорционал бўлади:

$$F = k I_1 \cdot I_2 \quad (1.12)$$

Агар $I_1 = I_2$ бўлиб қолса, у ҳолда
 $F = kI^2$.

Агар ўтказгичлардан ўзгарувчан ток ўтса, таъсир этувчи куч қуийдагида бўлади:

$$F = k I_{\text{оф}}^2 \quad (1.13)$$

Бу таъсир этувчи куч вақтнинг ҳар бир пайтида i^2 га пропорционал бўлиб, унинг ўртача қиймати қуийдагига тенг бўлади:

$$F_{\text{ўр}} = \frac{1}{T} \int_0^T k i^2 dt = \frac{k}{T} \int_0^T I_m^2 \sin^2 \omega t dt = \frac{kI_m^2}{T} \int_0^T \sin^2 \omega t dt = \frac{kI_m^2 T}{T \cdot 2} = k \frac{I_m^2}{2} \quad (1.14)$$

(1.10) ва (1.11) ифодаларга кўра қуийдагини ёзиш мумкин:

$$I_{\text{оф.}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

Синусоидал ток ва кучланишларнинг эффектив қиймати амплитуда қийматларидан $\sqrt{2}$ марта кичик бўлганлиги учун бир масштабда амплитуда қийматини ифодалаган вектор бошқа бир масштабда ўша катталикнинг эффектив қийматини ифодалайди.

Ўзгарувчан токнинг $\frac{T}{2}$ даврдаги ўртача қиймати

$$I_{\text{ўр}} = \frac{\int_0^T i dt}{T}$$

бўлади. Бу ифодага $i = I_m \sin \omega t$ ни қўйиб, токнинг ўртача қийматини топа оламиз:

$$I_{\text{yp}} =$$

$$= \frac{2}{T} \int_0^T I_m \sin \omega t dt = \frac{2I_m}{\omega} \int_0^{\pi} \sin \alpha d\alpha = -\frac{2I_m}{2\pi} \left[\cos \alpha \right]_0^{\pi} = -\frac{2I_m}{\pi} (-1) = \frac{2I_m}{\pi} = 0,637 I_m$$

Шунга ўхшаш кучланиш ва ЭЮК нинг ҳам ўртача қийматларини ҳисоблаш мумкин.

$$U_{\text{yp}} = 0,637 U_m,$$

$$E_{\text{yp}} = 0,637 E_m.$$

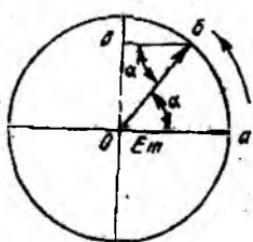
Электрик катталикларнинг ўртача қийматлари пульсацияланган токни ҳисоблашда катта аҳамиятга эга.

1.4. СИНУСОИДАЛ ТОКНИНГ ВЕКТОРЛАР ДИАГРАММАСИ

Ўзгарувчан ток занжирларини ҳисоблаш ва текширишда векторлар диаграммасидан фойдаланиш катта қулайликлар туғдиради. Бу диаграммаларда синусоидал ЭЮК, кучланиш ва ток радиус векторлар тарзида тасвирланади. Берилган вақт пайтида маълум бир хил частоталий, синусоидал катталикларни тасвирлайдиган бир неча векторлар тўплами векторлар диаграммаси деб юритилади.

Синусоидал катталикни радиус-вектор билан тасвирлашда векторнинг маълум масштабидаги узунлиги катталикнинг амплитудасини ифодалайди, вектор билан абцисса ўқининг мусбат йўналиши орасидаги бурчак бошлангич пайтда бошлангич фазага, векторнинг айлана бурчак тезлиги эса бурчак частотасига тенг бўлади.

Радиус-вектор билан тасвирланган синусоидал катталикнинг оний қиймати векторнинг ординаталар ўқидаги проекцияси билан белгиланади (5-расм). Бу радиус-векторнинг бошлангич вазияти деб Оа вазиятини соат стрелкасининг ҳаракат йўналишига тескари айланиш йўналишини мусбат айланиш йўналиши деб қабул қиласиз. Вектор айлана



5-расм

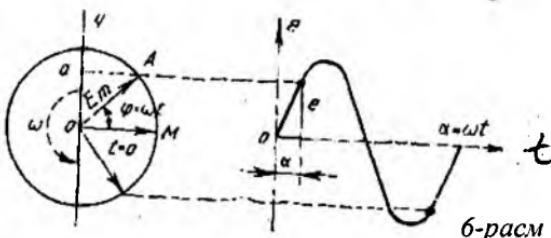
бошланганидан t_1 вақтдан сүнг $\alpha = \omega t_1$ бурчакка бурилиб, E_{m1} вазиятини t_2 вақт моментидан E_{m2} , t_3 вақт моментида E вазиятларни эгаллади. Радиус векторнинг турли вазиятларини вертикаль ўққа проекцияласак,

$$e_1 = E_{m1} \sin \omega t_1$$

$$e_2 = E_{m2} \sin \omega t_2$$

$$e_3 = E_m \sin \omega t_3$$

жосил бўлади.



6-расмдан кўриниб турибдики, вектор ҳаракат қилган сари унинг вертикаль ўқидаги проекцияси гоҳ мусбат, гоҳ манфий қийматларини олади.

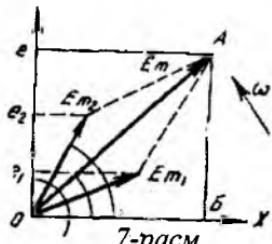
Шундай қилиб, E_m векторнинг ихтиёрий пайтидаги вертикаль ўққа проекциясини $e = E_m \sin \omega t$ тенглама билан ифодалаш мумкин. Бу тенгламадан вақт ўтиши билан айланадиган радиус-вектор E нинг проекцияси синус қонуни билан ўзгариши кўриниб туриди.

Агар горизонтал ўқ бўйича (6-расм) маълум бир масштабда вақтни, айланадиган радиус-векторнинг проекциялари қийматларини эса вақт бўйича вертикаль ўқ йўналишида қўйиб, сўнгра уларни равон чизиқ билан туташтирилса, вақт ўтиши билан радиус-вектор проекциясининг вертикаль ўқда қандай ўзгаришини кўрсатувчи синусоидал жосил бўлади.

Бирор синусоидал ўзгарувчи функцияning оний қийматларини билдирувчи синусоидалнинг ординаталарини узунлиги шу синусоидал катталикларнинг амплитудасига тенг бўлган радиус-векторнинг вертикаль ўқидаги проекциялари деб қараш мумкин.

Масалан, $e = E_m \sin(\omega t + \phi)$
электр юритувчи кучни график тарзида тасвиirlаш учун абцисса ўқи билан ϕ бурчак жосил қилувчи, маълум масштабда E_m ни (6-расм) ифодаловчи радиус-вектор ўтказилади. Вектор мусбат йўналишида бурчак тезлик билан айланганда унинг ордината ўқи-

У даги проекциялари вақтнинг мос пайтлари учун ЭЮК нинг оний қийматларини ифодалайди. Бунда танлаб олинган масштабда



проекциясига тенг.

Векторлар диаграммаси ўзгарувчан ток занжирини текширишда кенг қўлланилади.

7-расмда иккита E_{m1} ва E_{m2} ЭЮК векторлари ва уларнинг геометрик йифиндиси \bar{E}_m вектор тасвирланган (бунда $t = 0$).

Вақтнинг бирор пайти учун айланувчи \bar{E}_{m1} ва \bar{E}_{m2} векторларнинг ўқса проекциялари йифиндиси векторнинг айни ўша ўқдаги проекциясига тенг, яъни $e = e_1 + e_2$, чунки векторлар айланганда уларнинг ўзаро вазияти ўзгармайди.

Шундай қилиб, синусоидал ўзгарувчи катталикларни ифодаловчи векторларнинг одатдаги векторлардан фарқи шундаки, одатдаги векторнинг йўналиши фазода ўзгаради, синусоидал катталиклар векторларнинг йифиндиси эса вақтга боғлиқ ҳолда ўзгаради.

Синусоидал векторларини қўшиш одатдаги векторларни қўшиш ва айришдан фарқ қилмайди.

1.5. ЎЗГАРУВЧАН ТОК ЗАНЖИРИ ҲАҚИДА УМУМИЙ МУЛОҲАЗАЛАР

Ҳар қандай электр занжирининг қаршилиги R , индуктивлиги L ва сифими C каби параметрлари бўлади. Шунинг учун ўзгарувчан ток занжиридаги ҳодисалар ўзгармас ток занжиридаги ҳодисадан фарқ қиласди. Занжирдан ўзгармас ток ўтаётганда у фақат R қаршилигига учраса, ўзгарувчан токнинг

бўлади.

$$OA = E_m$$

Графикда (6-расм) т вақт учун ЭЮК ордината ўқи билан тасвирланган: бу ордината ўқи абцисса ўқига нисбатан $\phi = \omega t$ бурчак ҳосил қилиб жойлашган айланувчи OA векторнинг у ўқдаги

ўтишига кўрсатиладиган қаршилик бошқа ҳодисалар натижасида вужудга келади.

Ўзгармас ток занжирида кучланиш ўзгармаса, ток кучи, қувват ва электр ҳамда магнит майдонларидағи энергия ҳам ўзгармайди.

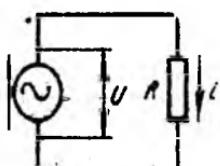
Занжирнинг тармоқларидаги кучланиш ўзгарувчан бўлса, электр ва магнит майдонларининг энергияси ҳам мос равишда ўзгарувчан бўлади.

Техникада физик ҳодисаларни R , L ёки C параметлардан бирортаси белгилайдиган занжирлар ҳам учрайди. Қолган параметрлар жуда заиф таъсир кўрсатади, шу сабабли, уларнинг таъсирини ҳисобга олмаса ҳам бўлади.

Масалан, чўғланма лампочка, иситгич асбоб ва реостатни қаршиликлари занжир деб қараб, уларнинг сифим ва индуктивигини эътиборга олмаслик ҳам мумкин. Нагрузка берилмаган трансформатор занжирини индуктивлик деб қараб, бу занжирни қаршилиги билан сифимини ҳисобга олмаса ҳам бўлади. Нагрузкасиз ишлаётган кабелни эса сифим деб ҳисоблаш мумкин, чунки бу занжирда индуктивлик ва қаршиликтининг таъсири ниҳоятда кичик. Шундай қилиб, ўзгарувчан ток занжирида ташқаридан таъсир этувчи ЭЮК га уч хил қаршилик: актив қаршилик, индуктив қаршилик, сифим қаршилиги кўрсатилиши мумкин.

Актив қаршилик натижасида кучланишнинг актив пасайиши, индуктив қаршилик натижасида кучланишнинг индуктив пасайиши ва сифим қаршилиги натижасида кучланишнинг сифим пасайиши юз беради.

1.6. СИНУСОИДАЛ ТОК ЗАНЖИРИДА АКТИВ ҚАРШИЛИК



8-расм

Индуктивлик ва сифимга эга бўлмаган актив қаршиликли бирор занжирда содир бўладиган ҳодисани кўриб чиқайлик (8-расм). Агар занжирнинг ўзгармас токдаги қаршилиги R_1 бўлса, шу занжирдан ўзгарувчан ток ўтганда унинг қаршилиги ортади, бирор R қийматга тенглашади. Тажриба ўзгарувчанток частотаси ортиши билан занжирнинг қаршилиги ортишини кўрсатади. Шунинг учун ўтказгичнинг ўзгармас токдаги омик қаршилик деб

аталувчи қаршилигидан фарқ қилиши учун ўша ўтказгичнинг ўзгарувчан тоқдаги қаршилиги актив қаршилик деб аталади. Ўтказгичнинг актив қаршилиги токнинг частотаси ортиши билан ортиб боради. Сирт эффекти туфайли ҳосил бўлувчи бу ҳодиса юқори частоталарда айниқса муҳим аҳамиятга эга.

Сирт эффекти туфайли катта частоталарда электр токи кўпроқ ўтказгичнинг сирт қатламидан ўтади. Бу ўтказгичнинг фойдали кесимининг камайиншига ва ўтказгич қаршилигининг ортишига олиб келади. Частота катта бўлганда ёки сим йўғон бўлганда бу ортиш анча сезиларли бўлади.

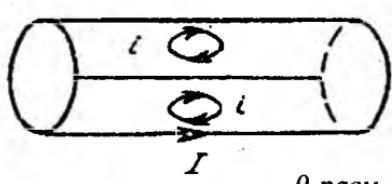
Ўтказгичда ток текис тақсимлангани туфайли фақат қаршилиги эмас, балки индуктивлиги ҳам ўзгаради. Ҳақиқатдан ҳам, ўзгармас тоқда магнит майдон ташки фазода ҳам, ўтказгич ичида ҳам пайдо бўлади. Сирт эффект кучли бўлганида ток амалда фақат сирт қатламида мавжуд бўлади ва ўтказгич ичида магнит майдон бўлмайди. Магнит энергияси ўтказгич ичида майдон энергиясининг катталиги қадар камаяди, бинобарин, ўтказгичнинг индуктивлиги ҳам камаяди.

Сирт эффектнинг мавжуд бўлиши тез ўзгарувчан ток техникасида доим ҳисобга олинади. Бундай ток амалда ўтказгич ичида ҳаракатланмаганлиги туфайли бундай ток линиялари ичи бўш трубалардан ясалади. Ҳозирги замон ўта юқори частоталар радиотехникасида кўпгина деталлар (волноводлар, коаксиллар, линиялар) токни яхши ўтказувчи юпқа кумуш қатлами билан қопланади, чунки уларнинг қаршилиги фақат сирт қатламига боғлиқ.

Агар ўзгарувчан ток цилиндрик ўтказгич бўйлаб ўтаётган бўлса, у ҳолда ток кучи ортганда индукцион токнинг йўналиши 9-расмда кўрсатилгандек бўлади.

Бу токлар ўтказгичнинг сиртида бирламчи ток йўналишида,

ўтказгичнинг ўқида эса бирламчи токка тескари йўналишда ўтади. Натижада ўтказгичнинг ичида ток заифлашади, сиртида эса кучаяди. Актив қаршилиқдан ўзгарувчан ток ўтганда



9-расм

ўтказгич ўқининг яқинида токнинг зичлиги деярли нолга тенг бўлади ва ҳамма ток ўтказгичнинг сиртидан ўтади.

Занжир клеммаларига (9-расм) кучланиш берилган бўлсин,

$$u = U_m \sin(\omega t + \varphi) \quad (1.15)$$

Занжирдаги ток кучи ва унинг қуввати қандай ўзгаришини кўриб чиқамиз.

Токнинг оний қийматини Ом қонунига кўра аниқлаш мумкин:

$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_m}{R} \sin(\omega t + \varphi)$$

ёки

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi) \quad (1.16)$$

(1.15) ва (1.16) ифодаларни ўзаро солиштириб, занжирдаги ток кучи ва кучланиш фаза жихатидан бир-бирига мос келади дейиш мумкин.

Ток кучининг амплитудаси кучланишнинг амплитуда қиймати билан қўйидагича боғланган:

$$I_m = \frac{U_m}{R} \quad (1.17)$$

Агар бу (1.17) ифоданинг ўнг ва чап томонларини $\sqrt{2}$ га бўлиб ёзсан, актив қаршилик учун Ом қонунини ифодаловчи формулага эга бўламиш:

$$I = \frac{U}{R}$$

Занжирдаги оний қувват ток кучи ва кучланишлар оний қийматларининг қўпайтмасига тенг.

$$P = iu = I_m U_m \sin^2(\omega t + \varphi) = I_m U_m \cdot \frac{1 - \cos 2(\omega t + \varphi)}{2}$$

ёки

$$P = IU - IU \cos 2(\omega t + \varphi).$$

Занжирдаги токнинг ўртача қуввати қўйидагича аниқланади:

$$P_{\text{пр}} = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = \frac{1}{T} I U \int_0^T dt - \frac{1}{T} I U \int_0^T \cos(2(\omega t + \varphi)) dt = I U.$$

Ўзгарувчан токнинг оний қувватини актив ва реактив қувватлар тарзида тасаввур қилиш мумкин.

Актив қувват актив қаршилиқда ажралади, бунда электр энергиясининг бошқа кўринишидаги энергияга айланыш процесси содир бўлади. Реактив қувват тоқ ортиб борганида индуктив фалтакнинг магнит майдонида энергия йиғилиши учун индуктивлик томонидан истеъмол қилинади. Занжирда ток камая борганида йиғилган магнит энергияси электр энергиясига айланади ва энергия манбаига қайтарилади.

Актив қувват

$$P = I^2 R;$$

$IR = U_a = U \cos \varphi$ бўлишини назарда тутсак:

$$P = I U \cos \varphi,$$

бунда U ва I – кучланиш ва токнинг ҳақиқий қийматлари;

U_a – актив қаршилиқда кучланиш пасайиши;

Кучланиш ва токнинг ҳақиқий қийматлари кўпайтмаси вольтампер ёки киловольт - ампер (ВА ёки кВА) ҳисобида ўлчаниб, тўла қувват деб аталади ва P_T билан белгиланади:

$$P_T = I U.$$

Электр аппаратлар ва машиналарнинг ўлчамлари тўла қувват билан аниқланади, чўнки чулғам симларининг кесими улардан ўтувчи токка, симларнинг изоляцияси эса уларга берилган кучланишга боғлиқdir.

Актив қувватнинг тўла қувватга нисбати

$$\frac{P}{P_T} = \frac{I U \cos \varphi}{I U} = \cos \varphi$$

тўла қувватнинг қандай қисми занжирда истеъмол қилинишини кўрсатади ва қувват коэффициенти деб аталади. Бу коэффициент

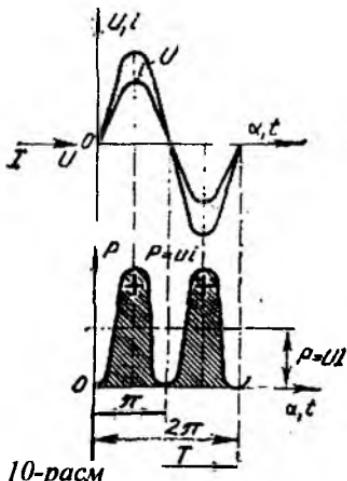
кучланиш билан ток кучи орасидаги фазалар силжиш бурчагининг косинусига тенг.

Актив нагрузкада $\cos \varphi = 1$

деб олсак, $P_T = P$ бўлади. Бу ҳолда электр аппарат энг катта актив қувватга эга бўлади. Кучланиш, ток ва қувватнинг оний қийматлари 10-расмда график равища тасвириланган.

Сирт эффект ҳодисаси қўлланиб, ундан металларнинг сиртини тоблашда фойдаланилади.

1.7. СИНУСОИДАЛ ТОК ЗАНЖИРИДА ИНДУКТИВЛИК



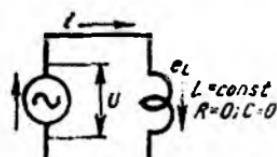
Индуктивлиги L бўлган соленоид клеммаларига U_m амплитудали ўзгарувчан кучланиш уланган бўлсин (11-расм). Агар ўзгарувчан кучланиш ўрнига ўша соленоидга ўзгармас кучланиш берсак, соленоиднинг актив қаршилиги кичик бўлгани учун соленоиддаги ток жуда катта қийматга эришар эди. Ўзгарувчан кучланишда соленоиддаги ток қиймати кичик бўлади. Агар унга ўзгарувчан кучланиш берилса, ўзгарувчан индукция ЭЮК ҳосил бўлади. Бу ЭЮК берилган кучланиш билан қўшилади ва натижада уни ток кучига таъсир этади деб тушуниш мумкин.

Занжир орқали

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi) \quad (1.18)$$

ток ўтганда индуктивлик ғалтагида синусоидал ўзгарувчи магнит майдон оқимйини ҳосил қиласди:

$$\Phi = \frac{Li}{W} = \frac{LI_m \sin(\omega t + \varphi)}{W} = \Phi_m \sin(\omega t + \varphi)$$



11-расм

бу ерда $\Phi = \frac{LI_m}{W}$ – магнит майдони оқимининг максимал (амплитуда) қиймати. Синусоидал ўзгарувчи магнит майдони оқими индуктивлик ғалтагида ўзиндуқция э.ю.к ни ҳосил қиласди:

$$e_L = -L \frac{di}{dt} = -\omega LI_m \cos(\omega t + \varphi)$$

ёки

$$e_L = E_{Lm} \sin(\omega t + \varphi - 90^\circ) \quad (1.19)$$

Э.ю.к нинг амплитуда қиймати

$$E_{Lm} = \omega LI_m$$

Эффектив қиймати эса

$$E_L = \omega LI \quad (1.20)$$

бўлади.

Кирхгофнинг иккинчи қоидасига кўра ғалтак қисмларида кучланиш

$$u = u_L = L \frac{di}{dt} = \omega LI_m \cos(\omega t + \varphi)$$

ёки

$$u = u_{Lm} \sin(\omega t + \varphi + 90^\circ) \quad (1.21)$$

Бу тенглама бир томондан берилган кучланиш таъсирида занжирда бирор вақт пайтида э.ю.к ҳосил қиласдиган ток вужудга келишини ва бу э.ю.к катталиги жиҳатидан берилган кучланишга тенг ва йўналиш жиҳатидан унга қарама-қарши бўлишини, иккинчи томондан, (1.21) тенглама индуктивлигидаги кучланиш токнинг вақт бўйича ўзгариш тезлигига пропорционал эканлигини кўрсатади.

Ток синусоидал бўлганда унинг ўзгариш тезлиги

$$\frac{di}{dt} = I_m \frac{d(\sin \omega t)}{dt} = \omega I \cos \omega t$$

га тенг. Демак, ток максимумдан ўтаётганда унинг ўзгариш тезлиги нолга тенг, ток ноль қийматдан ўтаётганида эса унинг ўзгариш тезлиги катта бўлар экан (12-расм, а).

Шундай қилиб, ток синусоидал бўлганда, индуктивликдаги кучланиш ҳам синусоидал, бироқ фаза бўйича тоқдан 2ϕ бурчакка илгарилаган бўлади.

Индуктивликли занжирнинг вектор диаграммаси 12-расм, а, б да берилган.

(1.20) ифодадан кучланишнинг амплитуда қиймати ва ЭЮК нинг унга тенг амплитуда қиймати қуидагича бўлиши келиб чиқади:

$$U_m = E_{Lm} = L\omega I_m \quad (1.22.)$$

Шунингдек, кучланишнинг эфектив қиймати

$$U = E_L = L\omega I \quad (1.23)$$

бўлади.

Бундан токнинг эфектив қиймати

$$I = \frac{U}{\omega L} = \frac{U}{X_L} \quad (1.24)$$

Бунда X_L – индуктив қаршилик.

Индуктив қаршилик $X_L = \omega L$ нинг ўлчов бирлиги:

$$[\omega L] = \frac{1}{сee} \cdot Г_Н = \frac{Ом \cdot сек}{сек} = Ом .$$

Энди индуктивликли занжирдаги қувватни ҳисоблайлик. Қувватнинг оний қиймати

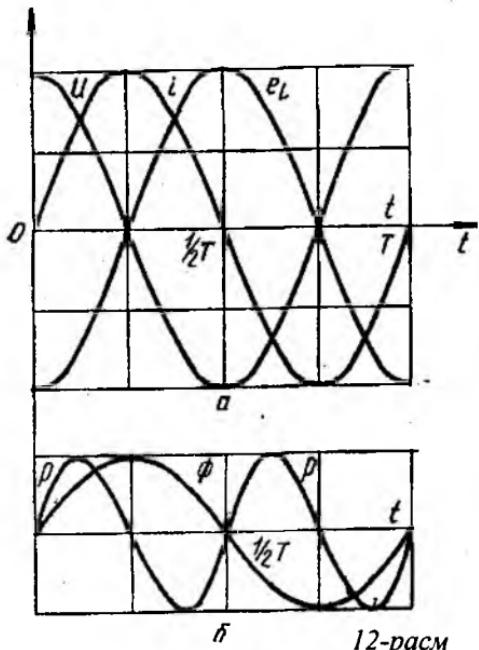
$$p = iu = I_m \sin \omega t \cdot U_m \cos \omega t$$

ёки

$$p = \frac{1}{2} I_m U_m \sin 2\omega t = IU \sin 2\omega t \quad (1.25)$$

Индуктивликли занжирдаги оний қувват иккиланган частота билан ўзгариб, тоҳо мусбат $IU = I^2\omega L$ максимумга, тоҳо

капталаик жиҳатдан шундай, аммо манфий максимумга эришиб туради.



лари, 12-расм, б) магнит майдонининг энергияси максимал қийматидан нолгача камаяди ва бунда энергия занжир бўйлаб генераторга қайтарилади. Шундай қилиб, даврнинг бу қимсларида занжир генератор режимида ишлайди ва индуктивлики занжир қувватининг манфий қийматига мос келади.

Индуктивлики занжирдаги ўртача қувват P нолга teng бўлади.

Индуктивлики занжирдаги қувватининг максимал қиймати (1.25) одатда, реактив қувват деб аталади.

$$Q = \frac{1}{2} U_m I_m = I^2 \omega L = \omega W_m.$$

Реактив қувватининг ўлчов бирлиги реактив волт әмпер (ВАР).

Ток ва магнит оқими ортганда (даврнинг биринчи ва учинчи чораклари, 12-расм, б), унинг йўналишидан қатъий назар, магнит майдони энергияси нолдан максимал қийматгача ўзгаради:

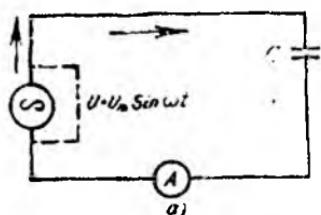
$$W = \frac{1}{2} L I_m^2 = L I^2.$$

Бу энергия генератордан олинади; шундай қилиб, занжир истеъмолчи режимида ишлайди, бу эса занжирдаги қувватнинг мусбат қийматига мос келади.

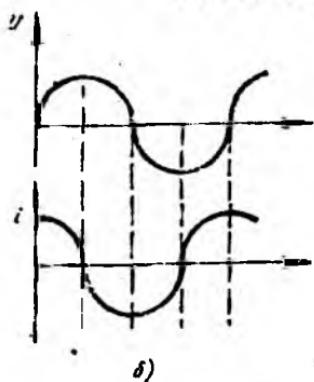
Демак, магнит оқими камаяётганда (даврнинг иккинчи ва тўртинчи чорак-

1.8. СИНУСОИДАЛ ТОК ЗАНЖИРИДА СИГИМ

Агар ўзгарувчан ток занжирига конденсатор уланса, кучланиш ортгандында у зарядланади, кучланиш камайса, разрядланади, занжирга уланган амперметр зарядлаш ва разрядланиш токини күрсатади (13-расм, а).



13-расм а.б.



Бирок унинг пластиналаридаги қутбланиш ўзгаради. Чап пластинада «минус», ўнг пластинада «плюс» бўлади. Симлар орқали зарядланиш токи ўта бошлайди. Бу токнинг кучи конденсаторнинг зарядланиши охирида, яъни $U_k = U_q$ бўлганда нолга teng бўлиб қолади.

Даврнинг тўртинчи чорагида генераторнинг кучланиши камайди ва нолга teng бўлиб қолади. Бу вақтда конденсатор пластиналарини туташтирувчи симлардан яна разрядланиш токи ўта бошлайди. Бу ток мусбат йўналишда бўлади.

Демак, бир давр давомида конденсатор икки марта зарядланади, икки марта разрядланади ва конденсатордан

үзгәрувчан ток ўтади. Конденсаторнинг зарядланиш ва разрядланишида занжирда ток ва кучланиш фаза бўйича бирбирига тўғри келмайди. Ток кучланишдан 90^0 га оддинда бўлади.

Худди шундай хulosага аналитик йўл билан ҳам келиш мумкин. Фараз қилайлик, конденсаторнинг клеммаларига қўйидаги синусоидал кучланиш берилган бўлсин.

$$U_c = U_m \sin(\omega t + \phi)$$

у ҳолда конденсатор занжиридан

$$i = C \frac{dU_c}{dt} = \omega C U_c \cos(\omega t + \phi)$$

ёки

$$i = I_m \sin(\omega t + \phi + 90^0)$$

ток ўтади.

Бу токнинг амплитудаси

$$I_m = \omega C U_m. \quad (1.26)$$

Юқоридаги tenglama сифимли занжирдаги токнинг тенгламаси ҳисобланади.

$$I_m = \omega C U_c = \frac{U_c}{\frac{1}{\omega c}} = \frac{U_c}{X_c} \quad (1.27)$$

Бу ифода Ом қонунини ифодалайди, бунда $X_c = \frac{1}{\omega c}$ катталик қаршилик ўрнида турибди. Бу катталик конденсаторнинг сифим қаршилиги деб аталади. Унинг ўлчов бирлиги

$$[X_c] = \frac{1}{\omega c} = \frac{1}{\frac{1}{c} \cdot \frac{Kl}{B}} = \frac{c \cdot B}{Kl} = \frac{c \cdot B}{A \cdot c} = \frac{B}{A} = Om$$

$$X_c = \frac{1}{\omega c} \text{ га } \omega = 2\pi f \text{ қийматни қўйсак, } X_c = \frac{1}{2\pi fc} \text{ га эга}$$

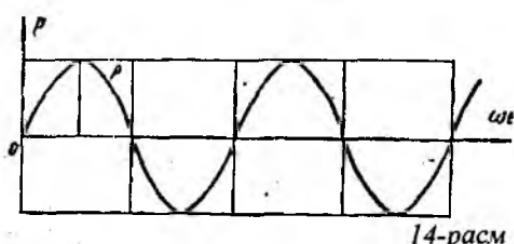
бўламиз. Демак, сифим қаршилиги ўзгарувчан ток частотасига тескари пропорционал экан.

Ўзгарувчан токнинг частотаси қанча катта бўлса, занжирдаги конденсаторнинг токка кўрсатган қаршилиги шунча кичик бўлади.

Кувватнинг оний қиймати:

$$P = iU = I_m \sin \omega t \cdot U_m \cos \omega t = IU \sin 2\omega t$$

бўлади. 14-расмда қувватнинг графиги тасвириланган.



максимумга эришиб туради.

Кучланиш ортаётганда (даврнинг биринчи ва учинчи чорагида, 14-расм) электр майдоннинг энергияси генератор энергияси ҳисобига нолдан максимал

$$W_m = \frac{CU^2}{2}$$

$$W_m = CU^2$$

қийматига ортади. Шундай қилиб, занжир истеъмолчи режимида ишлайди ва бу режим қувватнинг мусбат қийматига мос келади.

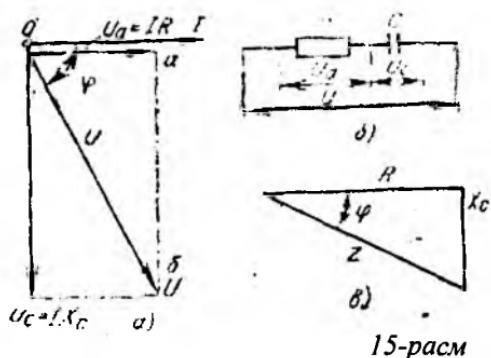
Сифимли занжирдаги қувватнинг максимал қиймати реактив қувват деб аталади.

$$Q = U^2 \omega c = W_m \omega .$$

Бу қувват генератор билан сифимли ўзгарувчан ток занжири орасида энергия алмашиш тезлигини характерлайди.

1.9. АКТИВ ҚАРШИЛИКЛИ ВА СИГИМ ҚАРШИЛИКЛИ ЗАНЖИР

Үзгарувчан ток занжирига актив ва сигим қаршилик кетма-кет уланганда ток ва кучланишнинг вектор диаграммаси 15-расм, а, б да тасвирангган.



кучланишнинг фазаси ток фазасига мос келади.

Электр занжир актив қаршиликтан ташқари, X_c қаршилигига ҳам эгадир. Демак, X_c – сигим қаршилигига эга ўлган занжирда $U_c = IX_c$ бўлади. Бизга маълумки, конденсатор анжирида ток ҳосил қилиш учун зарур бўлган кучланиш фаза киҳатидан ток фазасидан 90° кейинда қолади. Шунинг учун вектор диаграммада U_c кучланиш вектори 90° кейинда қоладиган қилиб қурилган.

Демак, занжир клеммаларидағи кучланиш U_a ва U_c векторларнинг геометрик йиғиндисига teng бўлиши керак. Бу векторларни геометрик усууда қўшиб ўз катталиги ва йўналиши билан кучланишнинг эффектив қийматини аниқловчи U векторини ҳосил қиласиз. U – вектор фаза жиҳатидан I ток вектори билан мос тушмайди. I вектори U векторидан ϕ бурчакка илгарилаб кетади. Шу бурчак тангенсини вектор диаграммадан топамиз (15-расм, в):

$$\operatorname{tg} \phi = \frac{U_c}{U_a} = \frac{IX_c}{IR} = \frac{X_c}{R} = \frac{1}{R \omega c}$$

Бундан ташқари U вектори кучланишлар учбурчаги деб аталувчи Оаб тўғри бурчакли учбурчакнинг гипотенузаси

хисобланади. Учбұрчакнинг Оа катети $U_a = IR$ га, аб катети эса $U_c = IX_c$ га тенг, яъни

$$U^2 = U_a^2 + U_c^2$$

еки

$$U^2 + I^2 R^2 + I^2 X_c^2 = I^2 (R^2 + X_c^2).$$

Бу тенгламанинг иккала томонидан квадрат илдиз чиқарып, қуидагини ҳосил қилиш мүмкін:

$$U = I \sqrt{R^2 + X_c^2}$$

бундан

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + X_c^2}} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}}; \quad (1.28)$$

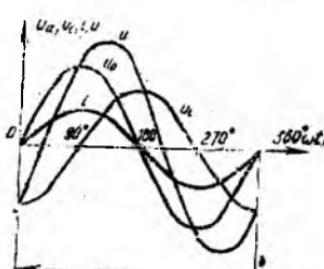
$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}. \quad (1.29)$$

бу ерда Z – занжирнинг тұла қаршилиги деб аталағы.

Бу ифода актив ва сифим қаршиликтегіңізга бўлган ўзгарувчан ток занжирни Ом қонунини ифодасиди

$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}$ ифодага кўра актив ва сифим қаршиликларига эга бўлган занжир учун қаршиликлар учбұрчагини қуриш мүмкін (15-рәс, в).

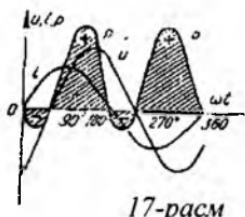
Қаршиликлар учбұрчагидан занжирдаги ток кучи билан унга берилган кучланиш орасидаги фазалар силжишини топиш мүмкін:



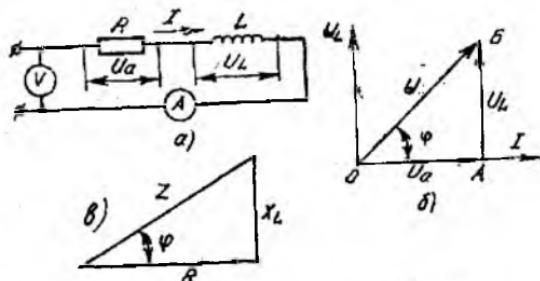
16-расм

$$\cos \phi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_c^2}}$$

16-расмда актив ва сифим қаршилик кетма-кет уланганда ток ва кучланиш қийматларининг графиги тасвирланган. Шу ҳол учун қувватнинг графиги 17-расмда кўрсатилган.



1.10. ҮЗГАРУВЧАН ТОК ЗАНЖИРИДА АКТИВ ВА ИНДУКТИВ ҚАРШИЛИК



18-расм

ток үтгепти деб фараз қиласылыш. Занжир клеммаларидаги U_a кучланиш актив қаршилиқдаги кучланиш тушуви билан ($U_a = iR$) индуктив қаршилиқдаги кучланиш тушуви ($U_L = L \frac{di}{dt}$) нинг йиғиндисига тенг бўлади:

$$U = U_a + U_L = iR + L \frac{di}{dt}.$$

Текширилаётган занжир учун ток ва кучланишнинг вектор диаграммасини кўриш мумкин.

Горизонтал ўқда маълум масштаб билан ток векторини қўямиз (18-расм, б). Актив қаршиликли занжирда ток ва кучланиш фаза бўйича бир-бирига тўғри келади. Шунинг учун актив қаршилиқдаги кучланиш тушуви векторини ток вектори йўналиши бўйлаб қўямиз.

Индуктив занжирда ток кучланишдан 90° бурчакка орқада қолади. Шунинг учун индуктив қаршилиқдаги кучланиш тушувининг векторини диаграммада ток векторига 90° бурчак остида қўямиз.

Графиклардан шуни айтиш мумкинки, даврнинг айрим моментларида занжирдаги энергия қаршиликнинг қизишига сарф бўлади ва электр майдон ҳосил бўлади. Даврнинг қолган моментида эса энергия конденсатор қопламларида тўпланади ва занжирга қайтади. Актив қувват эса нолга teng бўлади.

Ҳар қандай фалтак актив ва индуктив қаршиликка зга бўлиб, бу қаршиликларни кетма-кет уланган истемолчилар деб ҳисоблаш мумкин (18-расм, а).

Текширилаётган занжирдан $i = I_m \sin \omega t$

Занжирдаги умумий кучланишни топиш учун U_a ва U_L кучланиш векторларини құшамиз. Натижада томонлари тегишилича U_a , U_L ва умумий U кучланишни ифодаловчи АОБ кучланишлар учбұрчаги ҳосил бўлади. Бу тўғри бурчакли учбұрчакда гипотенузанинг квадрати катетлар квадратларининг йиғиндисига teng. Шунинг учун занжир қисмларидағи умумий кучланиш

$$U = \sqrt{U_a^2 + U_L^2} = I\sqrt{R^2 + (\omega L)^2} = I\sqrt{R^2 + X_L^2},$$

бундай занжирдаги ток

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} = \frac{U}{Z}$$

бўлади, бу ерда Z – занжирнинг тўла қаршилиги.

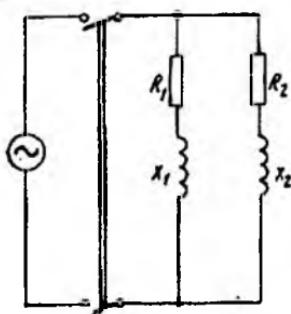
Вектор диаграммадан кўриш мүмкінки, актив ва индуктив қаршиликли занжирдаги ўзгарувчан ток ва кучланиш фаза бўйича бир-бирига тўғри келмайди. Ток кучланишдан ϕ бурчакка кейинда қолади..

Агар ток билан кучланиш орасида фазалар силжиши бурчагининг косинуси маълум бўлса, силжиш бурчагини аниқлаш мумкин.

Кучланишлар учбұрчагидаги фазалар силжиши бурчагининг косинуси

$$\cos \omega = \frac{U_a}{U} = \frac{R}{Z}.$$

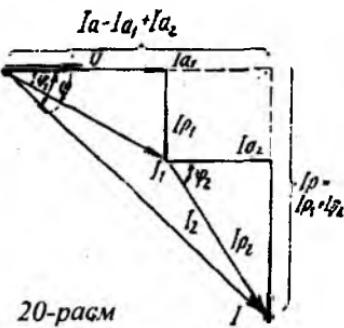
Демак, қаршиликлар учбұрчагидан ҳам ток ва кучланишлар орасидаги фазаларнинг силжиш бурчагини аниқлаш мумкин (18-расм. в).



19-расм

1.11. ТАРМОҚЛАНГАН ВА ТАРМОҚЛАНМАГАН ЎЗГАРУВЧАН ТОК ЗАНЖИРЛАРИ

Актив қаршиликли ва индуктивликли тамоқланган ўзгарувчан ток занжирини текширайлик (19-расм).



ҳам фаза бўйича кучланишдан маълум φ_2 бурчакка орқада қолди.

Тармоқланган занжирларни ҳисоблаш қулий бўлиши учун ҳар қайси тармоқдаги токни ташкил этувчиларга ажратамиз. Битта қўшилувчи актив I_a ток кучи кучланиш билан фаза бўйича мос келади. Иккинчи қўшилувчи – реактив ток (I_p) эса кучланишга нисбатан фаза бўйича 90° га силжиган бўлади.

Биринчи параллел тармоқдаги токнинг ташкил этувчилари

$$I_{a1} = I_1 \cos \varphi_1; \quad I_{p1} = I_1 \cos \varphi_1$$

Векторлар диаграммасини қуришда ток актив ташкил этувчисининг вектори кучланиш вектори бўйлаб, реактив ташкил этувчисининг вектори эса соат стрелкаси айланиши томонга қараб 90° бурчак ҳосил қилиб йўналтирилади. Токлар учбурчагининг туташтирувчи вектори биринчи тармоқдаги токнинг векторидан иборат бўлади:

$$I_1 = \sqrt{I_{a1}^2 + I_{p1}^2}. \quad (1.30)$$

Худди шунингдек, иккинчи параллел тармоқ учун

$$I_{a2} = I_2 \cos \varphi_2; \quad I_{p2} = I_2 \sin \varphi_2; \quad I_2 = \sqrt{I_{a2}^2 + I_{p2}^2}$$

Тармоқлардаги токларнинг фазалари бир хил бўлган актив ташкил этувчиларининг йигиндиси умумий токнинг актив ташкил этувчисига teng, яъни

$$I_a = I_{a1} + I_{a2}.$$

Тармоқлардаги токларнинг бир хил фазали реактив ташкил этувчиларининг алгебраик йигиндиси умумий токнинг реактив ташкил этувчисига teng:

$$I_p = I_{p1} + I_{p2}.$$

Биринчи тармоқдаги ток кучи

$$I_1 = \frac{U}{Z_1} = \frac{U}{\sqrt{R_1^2 + X_{L1}^2}}$$

фаза бўйича кучланишдан маълум φ_1 бурчакка орқада қолади (20-расм).

Иккинчи тармоқдаги ток кучи

$$I_2 = \frac{U}{Z_2} = \frac{U}{\sqrt{R_2^2 + X_{L2}^2}}$$

Занжирнинг тармоқланмаган қисмидан ўтувчи умумий ток эса

$$I = \sqrt{I_a^2 + I_p^2}.$$

Бу ток кучланишга нисбатан ϕ бурчакка силяжиган бўлади. Бу бурчакни қутидагича аниқлаш мумкин:

$$\operatorname{tg} \phi = \frac{I_p}{I_a}.$$

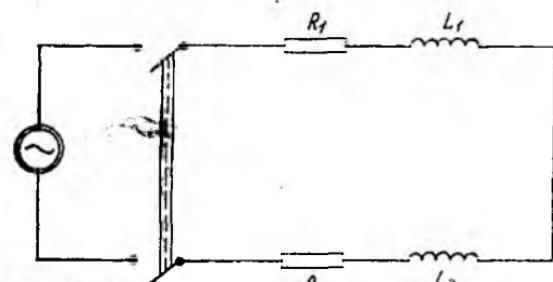
Занжирнинг алоҳида тармоқларининг актив қувватлари йиғиндисига тенг бўлган актив қувват

$$P = P_1 + P_2 = UI_1 \cos \phi_2 + UI_2 \cos \phi_2 = UI \cos \phi.$$

худди шунга ўхшаш занжирнинг реактив қуввати

$$Q = Q_1 + Q_2 = UI_1 \sin \phi + UI_2 \sin \phi = UI \sin \phi$$

Занжирнинг тўла қуввати



кучланиш
мос ке
21-расм

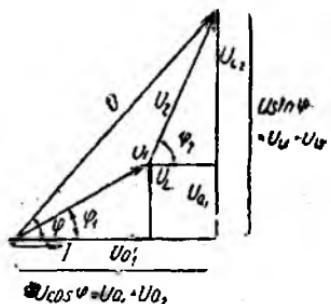
$U_{a1} = IR_1$ ва $U_{a2} = IR_2$ қаршилишлари I ток билан фаза бўйича мос келади. Фалтакларнинг реактив қаршиликларида $U_{L1} = IX_{L1}$ ва $U_{L2} = IX_{L2}$ кучланишлар эса токдан 90° бурчакка олдинда келади (22-расм).

Иккита фалтакдан иборат тармоқланмаган занжирнинг қисмларидағи кучланиш учбурчак қоидасига мувофиқ:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}.$$

Энди тармоқланмаган ўзгарувчан ток занжирни билан танишайлилик.

Иккита кетма-кет уланган фалтакнинг (21-расм) актив қарши-



22-расм

$$U = \sqrt{(U_{a1} + U_{a2})^2 + (U_{L1} + U_{L2})^2} = \sqrt{(U_a^2 + U_L^2)}.$$

Кучланишларнинг ток билан қаршиликлар орқали ифодаси қўйидагича бўлади:

$$U = I\sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (x_{L1}^2 + x_{L2}^2)}$$

бунда $R = R_1 + R_2$ – занжирнинг актив қаршилиги;

$X = X_{L1} + X_{L2}$ – занжирнинг реактив қаршилиги.

Занжирнинг тўла қаршилиги

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}.$$

23-расмда бу қаршилик тўғри бурчакли учбуручакнинг гипотенузаси билан тасвирланган; бу учбуручакни векторлар диаграммасидан кучланишлар учбуручаги томонларининг ҳар бирини 1 марта камайтириш билан ҳосил қилиш мумкин.

Занжирдаги ток кучи

$$I = \frac{U}{Z}$$

занжирдаги кучланишдан фаза бўйича ϕ бурчакка орқада қолади, бу бурчак косинуси орқали

$$\cos \phi = \frac{R}{Z}$$

ёки унинг тангенси орқали аниқланади:

$$\operatorname{tg} \phi = \frac{X_L}{R}.$$

Иккита ғалтакли занжирнинг актив қуввати

$$P = P_1 + P_2 = IU \cos \phi.$$

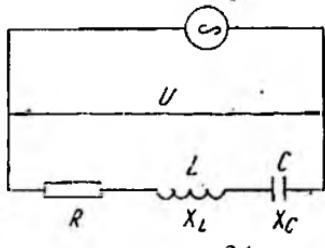
Шу занжирнинг реактив қуввати

$$Q = IU \sin \phi.$$

Занжирнинг тўла қуввати

$$S = IU.$$

1.12. АКТИВ ҚАРШИЛИКЛІ, ИНДУКТИВЛІКЛІ ВА СИФИМЛІ ЗАНЖИР



йигиндисидан иборат бўлади:

$$U = U_a + U_L + U_c$$

Актив қаршилиқда кучланиш тушуви

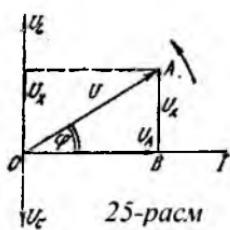
$$U_a = IR_a$$

Индуктив қаршилиқдаги кучланиш тушуви

$$U_L = I\omega L$$

Сифим қаршилиқдаги кучланиш тушуви

$$U_c = I \frac{1}{\omega C}$$



Ушбу кучланишлар учун вектор диаграмма қурамиз (25-расм). Токни горизонтал чизиқ тарзида жойлаштириб ва I ток йўналишида кучланишнинг актив ташкил этувчиси U_a ни қўямиз. Бу кучланиш фазаси жиҳатидан ток билан мос келади.

Кучланишнинг индуктив ташкил этувчиси U_L ни фаза жиҳатидан тоқдан 90° олдинда бўладиган, кучланишнинг сифим ташкил этувчини тоқдан фаза жиҳатидан 90° орқада қоладиган қилиб қурамиз.

ОАВ тўғри бурчакли учбурчак актив, индуктив ва сифим қаршиликларига эга бўлган, кетма-кет уланган занжир учун кучланишлар учбурчаги деб аталади. АВ катети U_L индуктив ва U_c сифим кучланишларнинг пасайишлари айрмасини акс эттиради. U_a , U_L , U_c векторларнинг геометрик йигиндиси, занжирга берилган U кучланиш векторини ҳосил қиласи. U_x вектор U кучланишнинг реактив ташкил этувчиси.

ОАВ кучланишлар учбурчагидан Пифагор теоремасига мувофиқ

$$U = \sqrt{U_a^2 + (U_L - U_c)^2}$$

булади.

Актив, индуктив ва сифим қаршилики үзгарувчан ток занжирининг умумий қаршилигини аниқлаймиз. Бунинг учун юқоридаги ифодага U_a , U_L ва U_c кучланишларнинг қийматларини қўйиб ёзамиш:

$$U = I \sqrt{R^2 + (X_L - X_c)^2}$$

бундан

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_c)^2}} = \frac{U}{2}.$$

Бу ифода үзгарувчан ток занжири учун Ом қонунини ифодалайди.



Бунда Z – занжирнинг тўла қаршилиги.

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_c)^2} = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega c})^2}$$

ифодага асосланиб қаршиликлар учбурчагини қурамиз (26-расм).

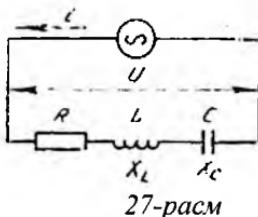
Қаршиликлар учбурчаги катетларидан бири R_a – актив қаршилиқдан, иккинчиси реактив қаршилиқдан $\omega L - \frac{1}{\omega c}$ дан иборат.

Ток билан кучланиш орасидаги фазалар силжиш бурчагини топиш учун қаршиликлар учбурчаги (21-расм)дан фойдаланиш мумкин:

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z}; \quad \sin \varphi = \frac{X}{Z}; \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{X}{R}; \quad \operatorname{ctg} \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega c}}{R}.$$

Мазкур формуулалардан үзгарувчан ток занжирларини ҳисоблашда фойдаланилади.

1.13. КУЧЛАНИШЛАР РЕЗОНАНСИ



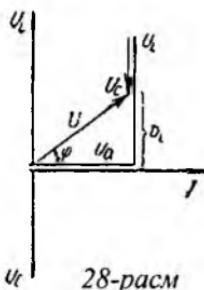
Агар R актив қаршилиқ, L индуктивлик ва C сифимдан иборат тармоқланган занжирдан (27-расмға қаранг).

$$i = I_m \sin \omega t$$

ток үтаётган бұлса, бу занжир қисмларидағи кучланиш учта ташкил

этүвчидан: $U_a = IR$ актив кучланишдан, $U_L = IX_L$ – индуктив кучланишдан ва $U_c = IX_c$ – сифим кучланишдан, иборат бұлар әди, яғни

$$U = U_a + U_L + U_c$$



Векторлар диаграммасыдан (28-расм) занжирнинг қисмларидағи кучланишни бир катети индуктив ва сифим кучланишлари векторларининг айрмасыдан иборат бұлган түғри бурчаклы учбұрчақдан топиш мүмкін.

Бу учбұрчақдан қуидагида ёза оламиз:

$$U = \sqrt{U_a^2 + (U_L - U_c)^2} \quad (1.31.)$$

Занжирнинг айрим участкалари учун кучланишларни тегишли ток билан қаршиликларнинг күпайтмалари орқали ифодалаб, қуидагини ҳосил қиласыз:

$$U = \sqrt{(IR)^2 + (IX_L - IX_c)^2} = I \cdot \sqrt{R^2 + (X_L - X_c)^2} = IZ. \quad (1.32.)$$

Бундан занжирдаги ток

$$I = \frac{U}{Z}$$

Занжирнинг тұла қаршилиги

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_c)^2}.$$

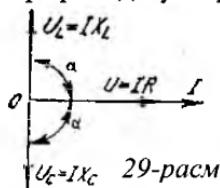
Ток фаза бүйічка кучланишдан ϕ бурчакка силжиган бўлиб, уни шу бурчак тангенси орқали топиш мүмкін:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{U_L - U_c}{U_R} = \frac{X_L - X_c}{R};$$

$X_L > X_c$ ва $U_L > U$ бўлганда ток фаза бўйича кучланишдан фурчакка орқада қолади. $X_L < X_c$ ва $U_L < U$ бўлганда ток кучланишдан илгари кетади. $X_L = X_c$ бўлганда эса занжирда кучланишлар резонанси юзага келиб, бунда занжирнинг тўла қаршилиги актив қаршиликка бараварлашади, яъни

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_c)^2} = R$$

Демак, берилган кучланишда занжирнинг тўла қаршилиги энг кичик, токнинг эффектив қиймати эса занжир кучланиши билан бир фазада ўзгариб, энг катта қийматга эришади.



U_L ва U_c кучланишлар ўзаро тенг бўлиб қолгани учун (29-расм) занжирнинг умумий кучланиши актив кучланишга тенг бўлиб қолади:

$$U = U_R$$

Реактив кучланишлардан, масалан индуктивликдаги U_L кучланишнинг занжирнинг умумий кучланишига нисбатан

$$\frac{U_L}{U} = \frac{IX_L}{IZ} = \frac{X_L}{Z} = \frac{X_L}{R};$$

бундан

$$U_L = U \frac{X_L}{R}$$

бўлади.

Актив ва индуктив, сифим қаршиликлари кетма-кет улагандада

$$X_L - X_c = \omega L - \frac{1}{\omega C}$$

бундан

$$\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$$

ёки

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

Тенгламани бурчак частотаси ω га иисбатан топамиз ва бу ҳол учун унинг қийматини ω_0 билан белгилаб, ω_0 ни топамиз:

$$\omega_0^2 LC = 1; \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

ω_0 — хусусий бурчак частотаси деб аталади.

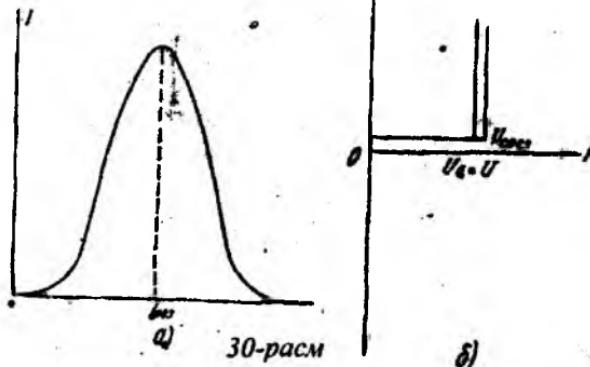
Резонанс вақтида кучланиш ва ток орасыда фазалар силжиши нолга тең, демек $\cos\varphi = 1$, яъни

$$\cos\varphi = \left(\frac{R}{R}\right) = 1$$

бўлиб қолади.

Биз кўрган ҳолат кучланишлар резонанси дейилади (30-расм, а, б)

1-2 масала. Кучланиш 100 В бўлган электр занжирига индуктивлик 71 мГн, актив қаршилик 5 Ом ва конденсатор кетма-кет



уланган.

Занжирдаги ток кучи, индуктив фалтак ва конденсатор қисмларидағи кучланиш ва конденсатор сифими С топилсин.

Ечиш. Занжирдаги ток

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{R + jX_L} = \frac{100B}{5 \text{ Ohm}} = 20A$$

Фалтакнинг индуктив қаршилиги

$$X_L = \omega L = 2\pi f L = 2 \cdot 3,14 \cdot 71 \cdot 10^{-3} = 22,4 \text{ Ohm}$$

Тўла қаршилик

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{5^2 + (22,4)^2} = 23 \text{ Ohm}$$

Фалтак қисқичларидаги күчланиш

$$U_L = X_L I = 20 \cdot 22,4 = 448 \text{ В}$$

Конденсатор қисқичларидаги күчланиш

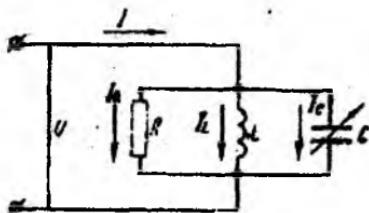
$$U_c = IX_c = 20 \cdot 23 = 460 \text{ В}$$

конденсаторнинг сиғими

$$C = \frac{1}{\omega X_c} = \frac{1}{314 \cdot 22,4} = 0,000142 \text{ си} = 142,1 \text{ мкФ}$$

Келтирилган мисодан кўринадики, занжирнинг айрим участкаларида күчланиш анча катта бўлиши мумкин. Күчланишлар резонансининг электротехника аппаратлари учун ҳам, ишчи ходимлар учун ҳам ҳавфлилиги мана шундадир. Күчланишлар резонанси радиотехникада кенг қўлланилади.

1.14. ТОКЛАР РЕЗОНАНСИ



31-расм

Актив, индуктив ва сиғим қаршиликлар умумий күчланишда деб фараз қиласайлик (31-расм).

Занжирнинг қисмларидаги күчланиш синусоидал бўлганда биринчи параллел тармоқдаги – фалтакдаги ток қуидагича бўлади:

$$I_1 = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R_1^2 + X_L^2}}.$$

Бу токлар күчланишдан фаза бўйича тангенси

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{X_L}{R_1}$$

га тенг бўлган φ_1 бурчакка орқада қолади.

Фалтакдаги токнинг актив ташкил этувчиси

$$I_a = I_1 \cos \varphi_1;$$

реактив ташкил этувчиси

$$I_p = I_1 \sin \varphi_1.$$

Иккинчи параллел тармоқдаги – конденсатордаги ток

$$I_2 = \frac{U}{X_L} = \frac{U}{\frac{1}{\omega C}} = U\omega C = I_c$$

Фаза бўйича кучланишдан 90° га илгарилааб кетади.

Умумий ток тармоқдаги токларнинг геометрик йиғиндисига тенг бўлади:

$$I = \sqrt{I_a^2 + I_p^2},$$

бунда

$$I_p = I_L - I_c = I_{p1} - I_{p2}$$

Умумий токнинг кучланишдан силжиши бурчагини унинг тангенси орқали топиш мумкин

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{I_p}{I_a} = \frac{I_p - I_c}{I_{a1}}$$

Умумий ток $I_L > I_c$ бўлганда кучланишдан φ бурчакка орқада қолиши ёки $I_L < I_c$ бўлганда илгари кетиши ва ниҳоят, $I_L = I_c$ бўлганда кучланиш билан бир фазада ўзгариши мумкин (32-расм).

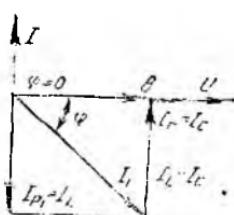
$I_L = I_c$ бўлган ҳолда занжирда токлар резонанси содир бўлади.

Резонанс пайтидаги умумий ток

$$I = \sqrt{I_a^2 + I_p^2} = I_a$$

Токлар резонансида занжирнинг тармоқланмаган қисмидаги ток минимал қийматга эришгани учун улагич симлардаги қувват исрофи ҳам минимал бўлади. Тармоқни ток билан таъминловчи ўзгарувчан ток генератори учун $\varphi = 0$ ёки $\cos\varphi = 1$ бўлганда қулай шароит яратилади. Актив ва индуктив қаршиликларга эга бўлган занжирга конденсатор уланса $\cos\varphi$ ортади.

С сифимли конденсатор актив қаршилиги эътиборга олинмайдиган даражада кичик бўлган индуктивлик L билан параллел уланса ($R = 0$), генераторнинг U кучланиш бутунлай L индуктивлик ва C сифим тармоқларига узатилади.



32-расм

Индуктивли тармоқдаги ток

$$I_L = \frac{U}{\omega C}$$

Индуктивлик L ни ва сиғим C ни шундай танлаймизки, бунда I_L ва I_c токлари тенг бўлсин, яъни

$$\frac{U}{\omega L} = U\omega C$$

Бундан қуйидагиларни аниқлаймиз:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ ва } f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Бу частоталар хусусий ёки резонанс частоталар деб аталади.

Сиғимли занжирда I_c ток U кучланишдан фаза жиҳатидан 90° олдинда бўлади, индуктивлик занжирда эса I_L ток U кучланишдан фазаси бўйича 90° бурчакка орқада қолади.

I_c ва I_L токларнинг қийматлари тенг ва йўналиши қарама-қарши бўлгани учун занжирнинг тармоқланмаган қисмида I ток нолга тенг бўлади. $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ формуладан токлар

резонансининг шарти кучланишлар резонанси шартига ўхшашлиги кўриниб турибди. Занжирнинг тармоқланмаган қисмида тўла қаршилиги чексиз катта қийматга тенг бўлади.

Агар конденсатор бирор кучланишгача зарядланса ва индуктив ғалтакка уланса (31-расмга қаранг), унда ёпиқ контурдан ток ўтади ва конденсатор ғалтак орқали зарядланади.

Вектор диаграммадан (32-расм) кўриниб турибдики, индуктивлик ва сиғимда токлар фаза бўйича $\phi = 180^\circ$ бурчакка силжиган ва ўзаро тенг бўлади. Бунда токлар резонанси вақтида умумий ток нолга тенг, занжирнинг тўла қаршилиги эса чексиз катта бўлади.

Ҳақиқатда эса умумий ток жуда кичик бўлади, бироқ нолга тенг бўлмайди. Аслида бу ток генератор берадиган ва контурадаги энергия исрофини қопладиган актив токдир.

1.15. ЎЗГАРУВЧАН ТОК-МУРАККАБ ЗАНЖИРЛАРИ

Ўзгарувчан ток занжиридаги нагрузкалар ўзаро турлича уланиши мүмкін. Ўзгарувчан ток занжирини ҳисоблаш учун

уларни харектерловчи катталикларнинг ўзаро боғланишини билиш зарур,

а) параллел улаш. Тұла қаршиликлари Z_1, Z_2, Z_3 бўлган нагрузкалар ўзаро параллел уланган бўлсин (33-расм).

Стрелкалар йўналиши токларнинг мусбат йўналишини кўсатади. Ҳамма тармоқлардаги кучланиш бир хил бўлиб, унинг оний қиймати қуидагига тенг:

$$U = U_m \sin \omega t$$

Тармоқдаги оний ток і айрим тармоқлардаги оний токларнинг геометрик йиғиндисига тенг:

33-расм

$$i = i_1 + i_2 + i_3 = I_{1m} \sin(\alpha - \varphi_1) + I_{2m} \sin(\alpha - \varphi_2) + I_{3m} \sin(\alpha - \varphi_3) \quad (1.33.)$$

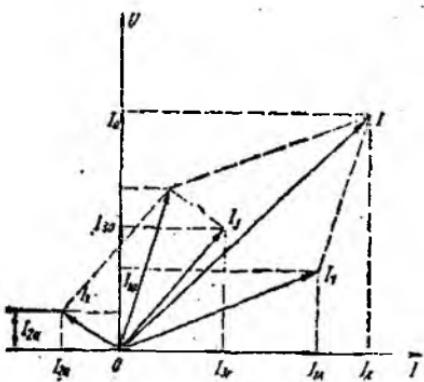
Ток ва кучланиш орасидаги фазалар силжишини қуидаги муносабатлардан топиш мүмкін:

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{X_1}{R_1}; \quad \operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{X_2}{R_2}; \quad \operatorname{tg} \varphi_3 = \frac{X_3}{R_3}; \quad \cos \varphi = \frac{R}{Z}.$$

(1.33) ифода синусоидал катталикларнинг геометрик йиғиндисидан иборат. Маълумки, бир даврдаги синусоидал катталикларни алгебраик қўшиш билан алмаштириш мүмкін. Бундай қўшиш билан натижавий токнинг амплитудасини ифодаловчи векторни ҳосил қиласиз:

$$I_{1m} + I_{2m} + I_{3m} = I_m \quad (1.34)$$

(1.34) ифодага кўра токнинг эфектив қийматини қуидагича ёза оламиз:



34-расм

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_a$$

34-расмда тармоқлардаги токларни геометрик құшиш күрсатылған.

Натижавий токтің бөшқа йүл билан ҳам топиш мүмкін. Бунинг учун актив ва реактив токларни топиб, уларни құшамиз.

Тармоқлардаги актив токларни ығиндисі

$$I_a = I_{1a} + I_{2a} + I_{3a} \quad (1.35)$$

Тармоқлардаги реактив токларнинг ығиндисі

$$I_x = I_{1x} + I_{2x} + I_{3x} \quad (1.36)$$

Натижавий ток эса

$$I = I_a + I_x \quad \text{ёки} \quad I = \sqrt{I_a^2 + I_x^2}$$

Лекин

$$I_{1a} = I_1 \cos \varphi_1 = I_1 \frac{R_1}{Z_1} = \frac{U}{Z} \cdot \frac{R_1}{Z_1} = U \frac{R_1}{R_1^2 + X_1^2} = U g_1;$$

$$I_{2a} = I_2 \cos \varphi_2 = I_2 \frac{R_2}{Z_2} = \frac{U}{Z} \cdot \frac{R_2}{Z_2} = U \frac{R_2}{R_2^2 + X_2^2} = U g_2;$$

$$I_{3a} = I_3 \cos \varphi_3 = I_3 \frac{R_3}{Z_3} = \frac{U}{Z} \cdot \frac{R_3}{Z_3} = U \frac{R_3}{R_3^2 + X_3^2} = U g_3;$$

$$I_{1x} = I_1 \sin \varphi_1 = I_1 \frac{X_1}{Z_1} = \frac{U}{Z} \cdot \frac{X_1}{Z_1} = U \frac{X_1}{R_1^2 + X_1^2} = U b_1;$$

$$I_{2x} = I_2 \sin \varphi_2 = I_2 \frac{X_2}{Z_2} = \frac{U}{Z} \cdot \frac{X_2}{Z_2} = U \frac{X_2}{R_2^2 + X_2^2} = U b_2;$$

$$I_{3x} = I_3 \sin \varphi_3 = I_3 \frac{X_3}{Z_3} = \frac{U}{Z} \cdot \frac{X_3}{Z_3} = U \frac{X_3}{R_3^2 + X_3^2} = U b_3.$$

Бу ерда $g_n = \frac{R_n}{R_n^2 + X_n^2}$ — актив үтказувчанлик ва

$b_n = \frac{X_n}{R_n^2 + X_n^2}$ — реактив үтказувчанлик деб юритилади.

Тармоқлардаги актив ва реактив токларнинг қийматларини (1.35) ва (1.36) ифодаларга олиб қўямиз:

$$I_a = I_{1a} + I_{2a} + I_{3a} = U_{g1} + U_{g2} + U_{g3} = U(g_1 + g_2 + g_3) = Ug$$

$$I_x = I_{1x} + I_{2x} + I_{3x} = U_{\epsilon 1} + U_{\epsilon 2} + U_{\epsilon 3} = U(\epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3) = U\epsilon$$

Бу ерда $g = g_1 + g_2 + g_3$ — эквивалент актив үтказувчанлик; $\epsilon = \epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3$ — эквивалент реактив үтказувчанлик деб юритилади.

Натижавий ток эса

$$I = \sqrt{I_a^2 + I_x^2} = \sqrt{U^2 g^2 + U^2 \epsilon^2} = U \sqrt{g^2 + \epsilon^2}.$$

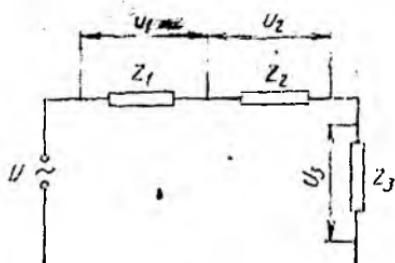
Бунда $\sqrt{g^2 + \epsilon^2} = Y$ — тармоқнинг эквивалент тўла үтказувчанилиги деб юритилади.

$$Y = \sqrt{g^2 + \epsilon^2} = \sqrt{(\sum g_n)^2 + (\sum \epsilon_n)^2}.$$

Эквивалент үтказувчанлик топилгандан сўнг тармоқдаги токни қуйидагича топиш мумкин:

$$I = U \sqrt{g_n^2 + \epsilon_n^2}.$$

б) Кетма-кет улаш. Тўла қаршиликлари $Z_1 Z_2 Z_3$ бўлган нагрузкалар ўзаро кетма-кет уланиган бўлсин (35-расм).

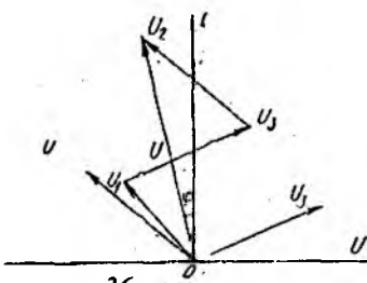


35-расм

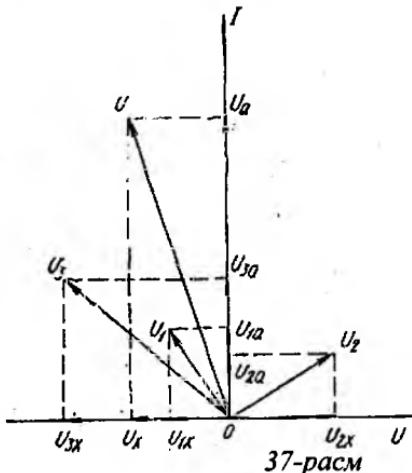
Нагрузкалардан ўтувчи токнинг қиймати ўзгармас бўлгани учун уларнинг ҳар биридаги кучланишнинг пасайиши U_1 , U_2 , U_3 , бўлади.

Кирхгофнинг иккинчи қонунига кўра занжирдаги кучланиш айрим нагрузжалардаги кучланишлар пасайишнинг геометрик йигиндисига тенг. Бунинг вектор диаграммасини қуриш мумкин (36-расм).

36-расмда кўрсатилган геометрик



36-расм



37-расм

Актив ва реактив кучланишларнинг алгебраик йигиндиларини геометрик қўшсак,

$$U = \sqrt{(U_{1a} + U_{2a} + U_{3a})^2 + (U_{1X} + U_{2X} + U_{3X})^2}$$

бўлади.

Энди актив ва реактив кучланишларни ток ва тўла кучланиш орқали ифодалайлик

$$U_n = U \cos \varphi = U \frac{R}{Z} = IR$$

$$U_r = U \sin \varphi = U \frac{X}{Z} = I_X$$

Шунинг учун тўла кучланишни бундай ёза оламиз

$$U = \sqrt{(IR_1 + IR_2 + IR_3)^2 + (IX_1 + IX_2 + IX_3)^2} = \\ = I\sqrt{(R_1 + R_2 + R_3)^2 + (X_1 + X_2 + X_3)^2} = IZ$$

бунда

$$Z = \sqrt{(R_1 + R_2 + R_3)^2 + (X_1 + X_2 + X_3)^2}.$$

Демак, ток кучи

$$I = \frac{U}{\sqrt{(R_1 + R_2 + R_3)^2 + (X_1 + X_2 + X_3)^2}}$$

га тенг бўлади.

1-3 масала. Кучланишлари $r_1 = 4,6$ Ом, $x_1 = 12,3$ Ом, $r_2 = 2,1$ Ом, $x_2 = 3,2$ Ом бўлган иккита индуктив фалтак кетма-кет уланган. Фалтакларнинг эквивалент қаршиликлари аниқлансин.

Ечиш. Фалтакларнинг ўтказувчанлиги:

$$g_1 = \frac{r_1}{r_1^2 + x_1^2} = \frac{4,6}{4,6^2 + 12,3^2} = 0,027 \frac{1}{\text{Ом}}$$

$$\sigma_1 = \frac{x_1}{r_1^2 + x_1^2} = \frac{12,3}{4,6^2 + 12,3^2} = 0,071 \frac{1}{\text{Ом}}$$

$$g_2 = \frac{r_2}{r_2^2 + x_2^2} = \frac{2,1}{2,1^2 + 3,2} = 0,143 \frac{1}{\text{Ом}}$$

$$\sigma_2 = \frac{12,3}{4,6^2 + 12,3^2} = 0,219 \frac{1}{\text{Ом}}$$

Фалтакларнинг эквивалент қаршиликлари:

$$g_{\text{эк}} = g_1 + g_2 = 0,027 + 0,143 = 0,17 \frac{1}{\text{Ом}}$$

$$\sigma_{\text{эк}} = \sigma_1 + \sigma_2 = 0,071 + 0,129 = 0,29 \frac{1}{\text{Ом}}$$

$$Y_{\text{эк}} = \sqrt{g_{\text{эк}}^2 + \sigma_{\text{эк}}^2} = \sqrt{(0,17)^2 + (0,29)^2} = 0,313 \frac{1}{\text{Ом}}$$

$$r_{\omega} = \frac{g_{\omega}}{Y_{\omega}^2} = \frac{0,17}{0,113^2} = 1,5 \text{ } Om; \quad X_{\omega} = \frac{b_{\omega}}{Y_{\omega}^2} = 2,56 \text{ } Om$$

$$Z_{\omega} = \frac{1}{Y_{\omega}^2} = \frac{1}{0,339} = 29,7 \text{ } Om.$$

1.16. ҚУВВАТ КОЭФФИЦИЕНТИ ВА УНИНГ АҲАМИЯТИ

Генератор номинал кучланиш, номинал ток билан ишлаганда унинг қувватидан тўла фойдаланилади. Бу ҳолда генератор ўзининг тўла номинал қувватига тенг бўлган катта актив қувватга эга бўлади:

$$P = UI \cos \alpha \quad (1.37)$$

бу ерда U – генераторга бериладиган номинал қувват; I – генераторнинг номинал токи.

Демак, ўзгарувчан ток занжиридаги қувват ток ва кучланишнинг номинал қийматларига ҳамда ток ва кучланиш орасидаги фазалар силжиш бурчагига боғлиқ экан.

Актив қувват \cos га пропорционал бўлганлигидан қувватнинг камайиши ёки \cos камайиши генераторнинг қувватидан тўла фойдаланимай қолишига сабаб бўлади.

Агар истеъмолчи доим бир хил актив қувват, бир хил кучланиш билан, лекин турли \cos лар билан ишлаётган бўлса, у ҳолда унинг токи \cos га тескари пропорционал равишда ўзариб туради. Масалан: \cos камайганда истеъмолчи олаётган ток ортади.

Актив қувват билан ишлаётган энергия истеъмолчисининг токи кучланиш ўзгартмаган ҳолда \cos га тескари пропорционал ўзгариади:

$$I = \frac{Pa}{U} \cdot \frac{I}{\cos \alpha}$$

Демак, \cos энергия истеъмолчисига боғлиқ бўлган ҳолда камайса, ток кўпаяди, симларда ток манбайнинг қизиши туфайли исроф бўладиган қувват ортади.

Қувват коэффициенти кичик бўлганда генераторларнинг белгиланган қувватидан тўла фойдаланиш мумкин бўлмайди, иккинчидан эса энергия кўп исроф бўлади. Шу сабабли, одатда, қурилманинг \cos сини мумкин қадар 1 га яқинлаштиришга ҳаракат қилинади.

Энг кўп тарқалган ўзгарувчан электр двигателларида (асинхрон двигателларда) соз уларга уланган нагруззкага боғлиқ бўлади. Электр двигатели нагрузка ишлаганда унинг қувват коэффициенти 0,1 – 0,3 га, номинал нагрузка билан ишлаган вақтда эса тахминан 0,8 – 0,9 га тенг бўлади.

Демак, соз нинг ортиши двигателлар нагруззасининг ортишини талаб этади. Ундан ташқари соз ни ортиши учун двигателларга параллел қилиб конденсаторлар уланади.

Электр асбобларининг қувват коэффициентини ортириш ҳалқ ҳўжалиги учун катта аҳамиятта эга, чунки соз ортирилса, тармоқларда ва генераторларда исроф бўладиган кўп миқдордаги электр энергияни тежашга ва генераторнинг катта қувватларидан яхшироқ фойдаланишга имконият туғилади.

Мамлакатимиз энергетика системаларида қувват коэффициентини 0,01 га ошириш ҳар йили 500 млн. кВт. соат электр энергиясини тежаш имконини беради.

1.16. АКТИВ ВА РЕАКТИВ ЭНЕРГИЯ

Актив қувватнинг шу қувват доимий қоладиган вақтга кўпайтмаси билан аниқланадиган катталик энергия деб аталади:

$$W_a = P_a t = IU \cos \phi t \quad (1.38)$$

Бу қувват ўзгарувчан ток занжирида сарфланган электр энергияни характерлайди.

Актив энергия актив энергия счётчиклари ёрдамида ўлчанади.

Реактив қувват ва вақтнинг кўпайтмаси билан аниқланадиган катталик реактив энергия деб аталади:

$$W_p = Q t = UI \sin \phi t \quad (1.39)$$

Реактив қувват ўзгарувчан бўлса, реактив энергия қуйидаги формула билан топилади:

$$W_p = Q_1 \cdot t_1 + Q_2 \cdot t_2 + \dots = W_{p1} + W_{p2} + \dots$$

Реактив энергия реактив энергия счётчиклари ёрдамида ўлчанади.

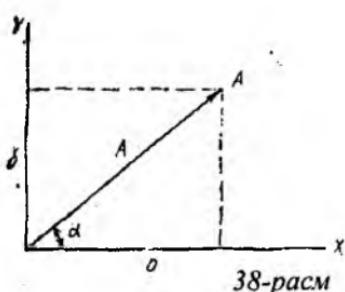
Бир хил вақт оралиқларида актив ва реактив энергияларни ўлчаб, занжирнинг қувват коэффициентини топиш мумкин:

$$\frac{W_a}{\sqrt{W_a^2 + W_p^2}} = \frac{UI \cos \varphi \cdot t}{\sqrt{(UI \cos \varphi \cdot t)^2 + (UI \sin \varphi \cdot t)^2}} =$$

$$= \frac{\cos \varphi}{\sqrt{\cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi}} = \cos \varphi$$
(1.40)

Қувватлар ўзгарувчан бўлса, электр счётчикларининг кўрсатишига асосланиб, қувват коэффициентининг ўртacha қиймати олинади.

1.17. ЎЗГАРУВЧАН ТОК ЗАНЖИРИНИ СИМВОЛИК УСУЛДА ҲИСОБЛАШ



Электротехникада ўзгарувчан ток занжирини ҳисоблашда символик усуслан фойдаланилади. Бу усул координата текислигида жойлашган ҳар қандай А векторни (38-расм) комплекс сонлар билан ифодалаш мумкин эканлигига асосланган:

$$\bar{A} = a + jb = Ae^{j\alpha}, \quad (1.41)$$

бунда a ва b – \bar{A} векторнинг ҳақиқий ва мавҳум координата ўқларига проекциялари;

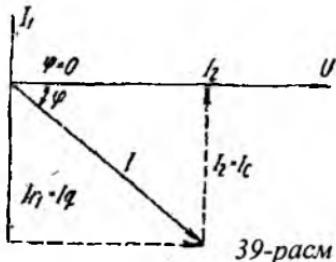
A – комплекс соннинг аргументи (вектор билан x ўқи орасидаги бурчакка мос келади); j – мавҳум сон a, b, A ва α катталиклар орасида қутидаги муносабат мавжуд:

$$A = \sqrt{a^2 + b^2},$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{b}{a}.$$

Комплекс сонларни қўшишда уларнинг ҳақиқий ва мавҳум қисмлари алоҳида-алоҳида қўшилади:

$$\bar{A} = \sum \bar{A}_k = \sum a_k + j \sum b_k$$



Күриниб турибдики, \bar{A} к катталиқ комплекс сонлар билан тасвирланған \bar{A} векторлар йиғиндисига мос келади (39-расм). Икки комплекс сонни күпайтириш қоидаси қуидагича:

$$Ae^{j\alpha} \cdot Be^{j\beta} = A \cdot Be^{j(\alpha+\beta)}.$$

Бұз ифодадан \bar{A} векторни тасвирловчи комплекс қатталиқ $A = Ae^{j\varphi}$ ни е $j\varphi$ комплекс сонга күпайтириш \bar{A} векторни соат стрелкаси йұналишига тескари йұналишда φ бурчакка буриш билан тенг қийматли эканлиги келиб чиқады (39-расм). Агар $\varphi = \frac{\pi}{2}$ бўлса, у ҳолда

$e^{j\alpha} = \cos \frac{\pi}{2} + j \sin \frac{\pi}{2} = j$. Шундай қилиб, векторни j га күпайтириш шу векторни соат стрелкаси йұналишига тескари йұналишда $\frac{\pi}{2}$ бурчакка буриш билан тенг экан. Худди шунга

үхшаш, бирор векторни $\frac{1}{j} = -j$ га күпайтириш шу векторни соат

стрелкаси йұналишида $\frac{\pi}{2}$ бурчакка буриш билан тенг қийматлидир.

Символик усулдан фойдаланиб, индуктивлик ва сифимдаги кучланиш пасайишини ҳисоблайлик. Индуктивлик ғалтақдаги кучланиш символик күринишда берилган бўлсин:

$$\bar{U}_L = L \frac{di}{dt}.$$

Агар индуктивлик ғалтагидан

$$i = I_m e^{j\omega t} \quad (1.42)$$

ток ўтаётган бўлса, у ҳолда кучланиш

$$\bar{U}_L = L \frac{d}{dt} (I_m e^{j\omega t}) = j\omega L I_m e^{j\omega t}. \quad (1.43)$$

Шундай қилиб, U_L күчланиш векторини ҳосил қилиш учун ток кучи векторини ωL га қўпайтириб, соат стрелкаси йўналишига тескари йўналишда $\frac{\pi}{2}$ бурчакка буриш лозим. Конденсатор

қопламларидағи күчланиш $U_c = \frac{q}{c}$, конденсатордаги заряд эса қўйидаги кўринишда бўлади;

$$q = \int i dt.$$

Бу ифодани U_c учун ёзилган формулага қўямис ва символик кўринишга келтирамиз:

$$U_c = \frac{1}{c} \int j dt.$$

Агар занжирдан (1.42.) ифодадаги ток ўтаётган бўлса, конденсатордаги күчланиш қўйидагига тенг бўлади.

$$U_c = \frac{1}{c} \int I_m e^{j\omega t} dt = \frac{1}{j\omega c} I_m e^{j\omega t} = -j \frac{1}{\omega c} i. \quad (1.44)$$

Маълумки, актив қаршиликда күчланиш пасайиши қўйидагига тенг:

$$U_R = i \quad (1.45)$$

Умумий күчланиш алоҳида күчланиш пасайишлари йиғиндисига тенг, яъни

$$\bar{U} = R\bar{i} + j\omega L\bar{i} - j \frac{1}{\omega c} \bar{i}.$$

И ни қавсдан ташқарига чиқариб, қўйидагини ҳосил қиласиз:

$$i \left[R + j(\omega L - \frac{1}{\omega c}) \right] = \bar{U}. \quad (1.46)$$

Бу ифодада қўйидагини белгилашни қабул қиласиз:

$$Z = R + j(\omega L - \frac{1}{\omega c}) = R + jX. \quad (1.47)$$

Z — комплекс қаршилик деб аталади:

$$Z = \text{Re}^{j\varphi}.$$

Комплекс қаршилик киритилгандан сүнг (1.45) ифода қуиидаги күринишни олади:

$$\bar{i}Z = \bar{U} \quad (1.48)$$

Бу ифода ўзгармас ток учун Ом қонунининг ифодасига мос келади.

Қуиидаги

$$\bar{U} = iZ = \bar{i} \text{Re}^{j\varphi}$$

муносабатдан кучланиш вектори \bar{e} ни, ҳосил қилиш учун ток кучи вектори i ни Z га күпайтириб, соат стрелкаси йўналишига тескари йўналишда φ бурчакка буриш керак.

Агар занжирга берилган кучланиш мураккаб, яъни қуиидаги күринишда бўлса:

$$u = \sum U_{km} \sin(k\omega t + \psi_k);$$

актив қаршиликли занжирдаги ток

$$i_a = \frac{U}{r} = \sum \frac{U_{km}}{r} \sin(k\omega t + \psi_k);$$

индуктивли занжирдаги ток

$$i_L = \frac{1}{L} \int u dt = \sum \frac{U_{km}}{k\omega L} \sin(k\omega t + \varphi_K - \frac{\pi}{2});$$

сифимли занжирдаги ток

$$i_c = c \frac{du}{dt} = \sum \frac{U_{km}}{\frac{1}{k\omega c}} \sin(k\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2})$$

бўлади.

Бундан кўринадики, ҳар бир кучланиш гармоникаси ўзининг ток гармоникасига мос келар экан.

Агар сирт эффективлиги ҳисобга олинмаса, ҳамма гармоника учун актив қаршилик бир хил бўлади. Бу ҳолда $k\omega L$ индуктив қаршилик ортиб боради, $\frac{1}{k\omega c}$ сифим қаршилик эса камайиб боради.

Масалан: R қаршилик, L индуктивлик ва C сиғим кетмекет уланган занжирда (40-расм) тұла қаршилик ва фазалар силжиши гармоникалар учун k – даражали бўлади:

$$Z_k = \sqrt{R^2 + \left(k\omega L - \frac{1}{k\omega C}\right)^2}; \quad \varphi_k = \arctg \frac{X_{LK} - X_{KC}}{R}.$$

Гармоникалардан бири учун занжирда резонанс ҳодисаси рўй берса, гармоника n – тартибли бўлади:

$$n\omega L = \frac{1}{n\omega C}; \quad Z_n = R; \quad \varphi_n = 0.$$

$k < n$ бўлганда қолган гармоникалар учун

$$k\omega L < \frac{1}{k\omega C}; \quad Z_k > R; \quad \varphi_k < 0.$$

$k > n$ бўлган ҳол учун

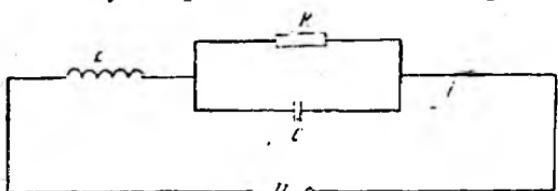
$$k\omega L > \frac{1}{k\omega C}; \quad Z_k > R; \quad \varphi_k > 0$$

бўлади.

Резонанс пайтидаги индуктивликнинг қиймати

$$L_n = \frac{1}{n^2 \omega^2 C}.$$

Шунинг учун занжирдаги L индуктивлик қийматини нолдан ошириб борилса, айрим гармоникаларда ҳам юқори даражадаги резонанс содир бўлади. Агар r актив қаршилик жуда кичик бўлса, резонанс токининг эгрилиги I (L) энг катта бўлади.



40-расм

бўйича занжирнинг комплекс қаршилари айрим гармоникалар учун ҳисобланади. K – гармоника учун комплекс қаршилик қуидагича бўлади:

40-расмда берилган мураккаб занжирдаги кучланиш ва токни ҳисоблаш учун символик методни қўллаш мумкин. Бунда аввало ўзгартириш методи

$$Z_k = jk\omega L + \frac{R(j - \frac{1}{k\omega c})}{R - j\frac{1}{k\omega c}} = jk\omega L + \frac{R + jkR^2\omega c}{1 + (kR\omega c)^2},$$

Шундан кейин занжирнинг ҳамма қисмидаги гармоника токи

$$I_K = \frac{U_K}{Z_K}$$

ва гармоника кучланиши

$$U_K = \frac{r - jkR^2\omega c}{1 + (kR\omega c)^2} I$$

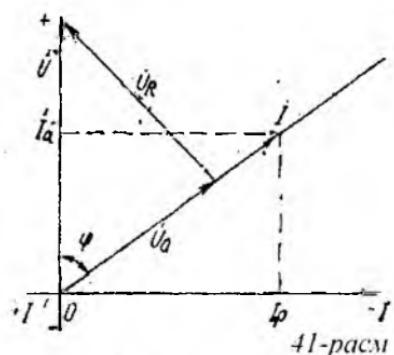
Ҳисобланади.

Символик методдан фойдаланиб кучланиш ва ток кучининг оний қийматларини келтириб чиқариш мураккаб эмас.

1-4-масала. Истеъмолчилар оладиган ток ва кучланишнинг комплекс қийматлари қўйидагича.

$$U = 100 \text{ В} \quad \text{ва} \quad I = (10 - 10j) \text{А.}$$

Ток ва кучланишнинг актив ҳамда реактив ташкил этувчилари, шунингдек, истеъмолчининг комплекс тўла қаршилиги аниқлансан.



Ечиш. Берилган қийматларни вектор қўринишида ифодалаймиз (41-расм).

Диаграммадан:

$$I_a = 10 \text{ А}; \quad I_p = 10 \text{ А}$$

$$U_a = U \cos \varphi = 100 \frac{\sqrt{2}}{2} = 70,7 \text{ В}$$

$$U_r = U \sin \varphi = 100 \frac{\sqrt{2}}{2} = 70,7 \text{ В}$$

Тўла қаршилиқ

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{100}{10 - j10} = \frac{100(10 + j10)}{200} = (5 - j5) \text{ Ом.}$$

Бу масалани қуийдаги құринищда ҳам ечиш мүмкін:

$$U = U e^{j\alpha} = 100 e^{j0^\circ}$$

$$I = I e^{j(\alpha+\varphi)} = \sqrt{10^2 + 10^2} \cdot e^{j(\alpha + \arctg \frac{10}{10})} = 14,1 e^{-j45^\circ}.$$

Комплекс қаршиликларнинг модули:

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{100 e^{j0^\circ}}{14,1 \cdot e^{-j45^\circ}} = 7,05 e^{j45^\circ},$$

токнинг модули

$$I = 14,1 \text{ A.}$$

Күчланишнинг қиймати

$$U = 100 \text{ В.}$$

Тұла қаршиликтің қиймати $Z = 7,05 \text{ Ом}$

Ток ва күчланиш орасынан фаза сиљиши $\varphi = 45^\circ$. Ток, күчланиш ва қаршиликтің актив ҳамда реактив ташкил этувчилари:

$$I_a = I \cos \varphi = 14,1 \frac{\sqrt{2}}{2} = 10 \text{ A};$$

$$I_p = I \sin \varphi = 14,1 \frac{\sqrt{2}}{2} = 10 \text{ A};$$

$$U_a = u \cos \varphi = 100 \frac{\sqrt{2}}{2} = 70,7 \text{ B};$$

$$R = Z \cos \varphi = 7,05 \frac{\sqrt{2}}{2} = 5 \text{ Ом};$$

$$x_L = Z \sin \varphi = 7,05 \frac{\sqrt{2}}{2} = 5 \text{ Ом.}$$

Такрорлаш учун саволлар

1. Синусоидал үзгарувчан ток деб нимага айтилади?
2. Үзгарувчан ток амплитудаси нима?

3. Ўзгарувчан ток даври ва частотаси бир-бiri билан қандай боғланган?
4. Бирор электр занжирида ЭЮК ва ток ушбу тенгламалар билан ифодаланган: $e = Em \sin \omega t$; $i = Im \sin (\omega t + \pi/2)$. Ток $i = 0$ бўлганда ЭЮК қандай қийматта эга бўлади? ЭЮК $e = Em$ бўлганда токнинг қиймати қандай бўлади? Қайси фаза бўйича бошқасидан орқада қолади?
5. Токлар ушбу тенгламалар билан ифодаланган $i_1 = 6 \sin (314t - 180^\circ)$; $i_2 = 10 \sin (628t + 180^\circ)$; $i_3 = 8 \sin 314 t$. Улардан қайсиларини вектор диаграмма ёрдамида қўшиш мумкин? Улардан қайсилари тескари фазада ўзгаради?
6. Агар ток: икки токнинг йифиндиси $i_4 = i_1 + i_3$ ва икки токнинг айрмаси $i_5 = i_3 - i_1$ бўлса, (i_1 ва i_3 лар 5-саволда берилган) унинг амплитудаси нимага teng?
7. Агар якорнинг минутига айланишлар сони $n = 3000$ айл/мин ва генераторнинг жуфт қутблар сони $r = 2$ бўлса, генераторнинг ток частотаси f ни аниқланг.
8. Ўзгарувчан ток занжири кетма-кет уланган актив, индуктив ва сифим қаршиликлардан иборат. Бунда $U = 20$ В, $R = 10$ Ом, $X = 20$ Ом. Резонанс пайтида конденсатордаги кучланишни аниқланг?
9. Актив қаршилик, индуктивлик ва сифим ўзаро кетма-кет уланган. Бунда $L = 0,1$ Гн, $X_C = 31,4$ Ом, $f = 50$ Гц. Бу ҳолда резонанс шарти бажариладими?

II БОБ. УЧ ФАЗАЛИ ТОК

2.1. УЧ ФАЗАЛИ ТОК ВА УНИ ҲОСИЛ ҚИЛИШ

Бир хил частотали, фаза буйича бир-бирига нисбатан силжиган ва битта электр энергия мабаида ҳосил қилинадиган синусоидал электр юритувчи куч таъсирида бўлган бир неча электр занжир биргаликда кўп фазали ток системасини ташкил қиласди.

Уч фазали ток системасини кўп фазали токнинг хусусий ҳоли деб қараш мумкин.

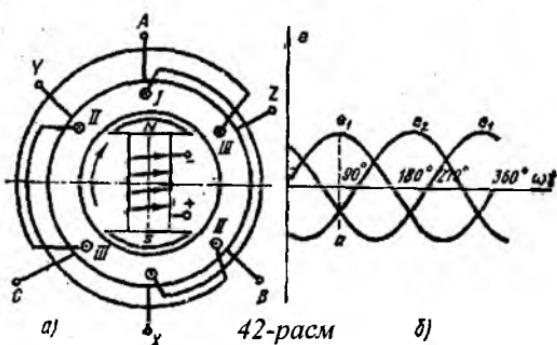
М.О. Доливо-Добровольский уч фазали ток системасини ихтиро қылганидан кейин ўзгарувчан ток бутун дунёда кенг ишлатиладиган бўлди.

Уч фазали токнинг бир фазали токка нисбатан қўйидаги афзалликлари бор:

- 1) электр узатиш линияларида рангли металлар 25 % гача тежалади;
- 2) уч фазали машиналарнинг тузилиши содда, енгил, арzon ва иш унуми яхши;
- 3) юлдуз усулида улаб ҳосил қилинадиган тўрт симли система бўлган ҳолда иккита иш кучланиши бўлади.

ЭЮКлари ва частоталари бир хил ҳамда бир-бирига нисбатан фаза бўйича $1/3$ даврга силжиган учта электр занжирининг тўплами уч фазали система деб аталади.

Уч фазали системани ташкил этувчи айрим занжиirlар унинг фазалари дейилади. Симметрик уч фазали системада ЭЮКлар ўзаро фаза бўйича тенг (120° га) силжиган бўлади.



Чулғамлари фазалар деб аталади. 42-расмда статор чулғамлари учларининг A, B, C ҳарфлари билан, охирлари X, Y, Z ҳарфлари билан белгиланган.

Уч фазали ток генератор роторининг конструкцияси эса бир фазали ток генератори конструкциясининг худди ўзидир.

Ротор айланганда ҳамма чулғамларда частота ва амплитудалари бир хил бўлган ЭЮКлар ҳосил бўлади, аммо булаr ўзларининг максимум қийматига бир вақтда эришмайди. Максимал ЭЮК ротор шимолий қутбининг маркази чулғам бошидан ўтганда ҳосил бўлади, деб ҳисобласак, иккинчи чулғамда эса ўша йўналишдаги ЭЮКнинг максимал қийматга

Уч фазали ток энг содда генератори (42 -расм, а) бир фазали генератордан цилиндр айланаси бўйлаб бир-бирига нисбатан 120° бурчакка силжиган учта чулғам жойлаштирилганлиги билан фарқ қиласади.

Генераторнинг

эришиши ротор 120^0 бурилганда, учинчи чулғамда эса ўша йұналишда ротор чулғамга нисбатан 240^0 бурилганда юз беришini күриш осон.

Айланып турған роторнинг магнит оқими статорнинг ғалтакларини бириң-кетиб кесиб үтиб, улардан вақт жиҳатидан $1/3$ даврға, демек, фаза жиҳатидан 120^0 силжиган учта ЭЮК ни индукциялайди.

Ротор айланғанда бириңчи чулғамда ҳосил бўлган ЭЮК

$$e_1 = E_{1m} \sin \omega t$$

Иккинчи чулғамда ҳосил
бўлган ЭЮК

$$e_2 = E_{2m} \sin(\omega t - \frac{2}{3}\pi)$$

Шунингдек, учинчи чулғамдаги ЭЮК

$$e_3 = E_{3m} \sin(\omega t - \frac{4}{3}\pi)$$

Бунда e_1 , e_2 ва e_3 – айрим чулғамларда ҳосил бўлган ЭЮК ларнинг оний қийматлари; E_{1m} , E_{2m} ва E_{3m} – айрим чулғамлардаги ЭЮКларнинг амплитуда қийматлари.

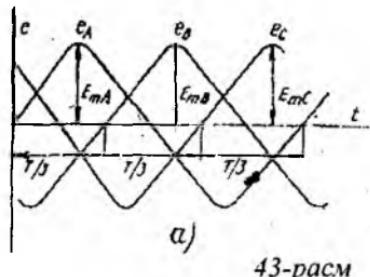
Агар ғалтакларнинг чулғамларига истеъмолчилар уласак, ёпиқ занжирлар бўйлаб қуийдаги тоқлар ўтади (43-расм,а):

$$\begin{aligned} i_1 &= I_{1m} \sin(\omega t - \varphi_1) \\ i_2 &= I_{2m} \sin(\omega t - \frac{2}{3}\pi - \varphi_2) \\ i_3 &= I_{3m} \sin(\omega t - \frac{4}{3}\pi - \varphi_3) \end{aligned} \quad (2.1)$$

Бунда i_1 , i_2 , i_3 – айрим чулғамлардаги тоқларнинг оний қийматлари; I_{1m} , I_{2m} , I_{3m} – чулғамлардаги тоқларнинг амплитуда қийматлари; φ_1 , φ_2 , φ_3 – айрим чулғамлардаги ЭЮК ва ток орасидаги фазалар сиљиши бурчаги.

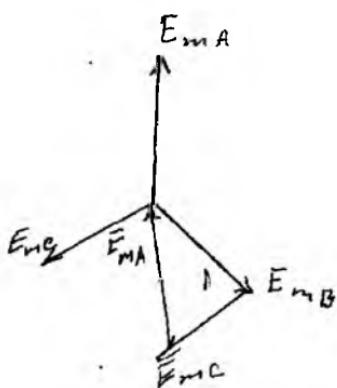
Агар учала фазадаги ЭЮК бир хил амплитудали бўлса, бундай уч фазали тизим симметрик тизим деб юритилади, яъни

$$E_{1m} = E_{2m} = E_{3m} = E_m \quad (2.2)$$



ЭЮКларнинг графиги 43-расм, а да, векторлар диаграммаси 43-расм, б да тасвиirlанган.

ЭЮК ларни символик кўринишида ёзишда, агар А фазанинг ЭЮК и E_a га teng бўлса, у ҳолда В ва С фазаларнинг ЭЮКлари қуийдагиларга teng бўлади:



б)

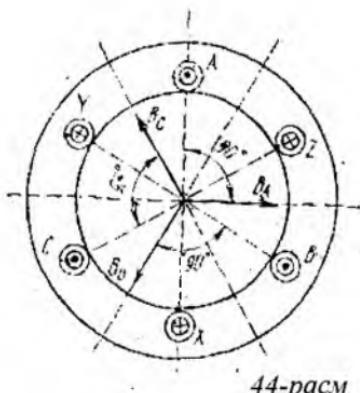
43-расм

ва фаза бўйича 120° га силжиган учта векторнинг геометрик йифиндиси нолга teng. (2.4) ифодадан ЭЮК ларнинг оний қийматларининг йифиндиси нолга tengлиги келиб чиқади:

$$e_1 + e_2 + e_3 = 0 \quad (2.5)$$

Бу tengликни расмдан ҳам кўриш мумкин (43-расм, а).

2.2. АЙЛАНУВЧИ МАГНИТ МАЙДОНИ



44-расм

Уч фазали токнинг энг аҳамиятли хоссаларидан бири айланувчи магнит майдони ҳосил қилишдир. Шунинг учун ўзгарувчан ток машинаси уч фазали чулғамининг айланувчи магнит майдонини текширамиз.

Статор ичига ўқлари бир-бирига нисбатан 120° бурчак ҳосил қилиб жойлаштирилган учта индуктив чулғам жойлаштирилган бўлсин (44-расм). Чулғамларнинг учларини A, B ва

С, охирларини эса X, Y, Z ҳарфлари билан белгилаймиз.

Чулғамларни юлдуз шаклида уланганда уларнинг охири X, Y, Z учларини бир-бирига улаб, нейтрал нуқта ҳосил қилинади, чулғамларнинг A, B, C учлари эса уч фазали ток тармоғига уланади.

Бу учта чулғам орқали фазалари $\frac{1}{3}T$ га силжиган, бир хил амплитудали ва бир хил частотали синусоидал токлар ўтади.

Бу токлар ҳосил қилган магнит майдонларининг магнит индукциялари қуийдагича бўлади:

$$B_A = B_m \sin \omega t;$$

$$B_B = B_m \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3});$$

$$B_C = B_m \sin(\omega t - \frac{4}{3}\pi) \quad (2.6)$$

бу ерда B_m – ҳар бир чулғам ўқи бўйлаб йўналган магнит индукциянинг максимал қиймати.

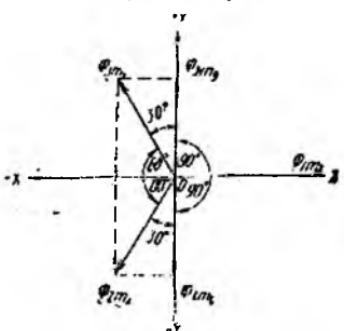
Учала магнит майдони учала чулғамлар системасида бирданига таъсир этиб туради. Натижада айрим-айрим магнит майдонлари эмас, балки тенг таъсир этувчи ягона магнит майдони ҳосил бўлади.

Токлар ҳосил қилган магнит майдони оқимларини топиш учун магнит оқимларини геометрик қўшамиз. Бунинг учун магнит майдони оқимини X ва Y ўқларда олайлик (45-расм).

$$\Phi_{1mX} = \Phi_{1m} \cos 0^0 = \Phi_{1m},$$

$$\Phi_{2mX} = -\Phi_{2m} \cos 60^0 = -\frac{\Phi_{2m}}{2}$$

$$\Phi_{3mX} = -\Phi_{3m} \cos 60^0 = -\frac{\Phi_{3m}}{2},$$



45-расм

$$6a \quad \Phi_{1my} = \Phi_{1m} \cos 90^0 = 0,$$

$$\Phi_{2my} = -\Phi_{2m} \cos 30^0 = -\frac{\sqrt{3}}{2} \Phi_{2m},$$

$$\Phi_{3my} = \Phi_{3m} \cos 30^0 = \frac{\sqrt{3}}{2} \Phi_{3m}.$$

Магнит майдон оқимлари синусоидал қонун бүйича ұзарғанлиги учун уларнинг оний қийматлари қуидаланады:

$$\Phi_{1X} = \Phi_{1mX} \sin \omega t,$$

$$\Phi_{2X} = \Phi_{2mX} \sin(\omega t - \frac{2}{3}\pi) = -\frac{\Phi_{2mX}}{2} \sin(\omega t - \frac{2}{3}\pi),$$

$$\Phi_{3X} = \Phi_{3mX} \sin(\omega t - \frac{4}{3}\pi) = -\frac{\Phi_{3mX}}{2} \sin(\omega t - \frac{4}{3}\pi). \quad (2.7)$$

Магнит майдони оқимларининг натижавий қийматини топиш учун (2.7) ифодани алгебраик құшамиз.

$$\Phi_{ox} = \Phi_m \sin \omega t - \frac{\Phi_m}{2} \sin(\omega t - \frac{2}{3}\pi) - \frac{\Phi_m}{2} \sin(\omega t - \frac{4}{3}\pi) =$$

$$= \Phi_m \left[\sin \omega t - \frac{1}{2} (\sin \omega t \cdot \cos 120^\circ - \cos \omega t \cdot \sin 120^\circ) - \right.$$

$$\left. - \frac{1}{2} (\sin \omega t \cdot \cos 240^\circ - \cos \omega t \cdot \sin 240^\circ) \right] =$$

$$= \Phi_m \left(\sin \omega t + \frac{1}{4} \sin \omega t + \frac{\sqrt{3}}{4} \cos \omega t + \frac{1}{4} \sin \omega t - \frac{\sqrt{3}}{4} \cos \omega t \right)$$

ёки

$$\Phi_{ox} = 1,5 \Phi_m \sin t.$$

Бунда Φ_{ox} х үкі бүйлаб йұналған натижавий магнит майдони оқимиendir. У үкі бүйлаб йұналған магнит майдони оқимини ҳам шу тарзда ҳисоблаш мүмкін:

$$\Phi_{1y} = \Phi_{1my} \sin \omega t = 0,$$

$$\Phi_{2y} = \Phi_{2my} \sin(\omega t - \frac{2}{3}\pi) = \frac{\sqrt{3}}{2} \Phi_m \sin(\omega t - \frac{2}{3}\pi),$$

$$\Phi_{3y} = \Phi_{3my} \sin(\omega t - \frac{4}{3}\pi) = \frac{\sqrt{3}}{2} \Phi_m \sin(\omega t - \frac{4}{3}\pi).$$

Шунингдек,

$$\Phi_{oy} = \Phi_{1y} + \Phi_{2y} + \Phi_{3y} = 0 - \frac{\sqrt{3}}{2} \Phi_m \sin(\omega t - \frac{2}{3}\pi) + \frac{\sqrt{3}}{2} \Phi_m \sin(\omega t - \frac{4}{3}\pi)$$

ёки

$$\begin{aligned} \Phi_{oy} &= \frac{\sqrt{3}}{2} \Phi_m [\sin(\omega t - 240^\circ) - \sin(\omega t - 120^\circ)] = \\ &= \frac{\sqrt{3}}{2} \Phi_m (\sin \omega t \cdot \cos 240^\circ - \cos \omega t \cdot \sin 240^\circ - \sin \omega t \cdot \cos 240^\circ + \\ &\quad + \cos \omega t \cdot \sin 120^\circ) = \frac{\sqrt{3}}{2} \Phi_m (1 - \frac{1}{2} \sin \omega t + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \omega t), \end{aligned}$$

бундан

$$\Phi_{oy} = 1,5 \Phi_m \cos \omega t.$$

Демак, натижавий магнит майдони оқимларининг амплитудаси $\Phi_o = 1,5 \Phi_m$ га тенг экан.

Тенг таъсир этувчи магнит майдонининг оқими

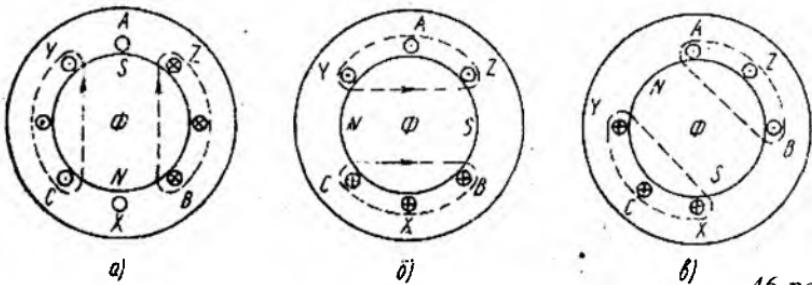
$$\Phi_o = \sqrt{\Phi_{ox}^2 + \Phi_{oy}^2} = \sqrt{(1,5\Phi_m \cdot \sin \omega t)^2 + (1,5\Phi_m \cos \omega t)^2}$$

ёки

$$\Phi_o = 1,5 \Phi_m.$$

Демак, вақт ўтиши билан бу магнит оқимининг миқдори ўзгармас экан.

Энди уч фазали чулғам ҳосил қылган магнит майдонининг ҳар хил пайтлардаги йўналишини аниқлайлик.



46-расм

$t = 0$ бўлган пайтда А – х чулғамда ток нолга teng, В – z чулғамда ток манфий, С – Y чулғамда эса ток мусбат. Демак, бу пайтда А ва x ўтказгичларда ток бўлмайди, С ва Y ўтказгичларда ток мусбат йўналишда, В ва Z ўтказгичларда манфий йўналишда бўлади (46-расм, а).

Шундай қилиб, $t = 0$ пайтда, С ва Y ўтказгичларда ток биз томонга, В ва Z ўтказгичларда эса биз томондан чизма текислигига қараб йўналади.

Ток бундай йўналганда ҳосил бўлган магнит майдонининг магнит чизиқлари парма қоидасига мувофиқ, пастдан юқорига қараб йўналади, яъни статор ички айланасининг пастки қисмида шимолий қутб, юқориги қисмида эса жанубий қутб жойлашади.

t_1 пайтда ток А фазада мусбат, В ва С фазаларда манфийдир. Демак, Y, A ва Z ўтказгичларда ток биз томонга, С, x ва В ўтказгичларда эса биз томондан чизмага қараб йўналади (46-расм, б) ва магнит майдонининг магнит чизиқлари ўзининг бошлангич йўналишига нисбатан соат стрелкаси айланishi йўналишида 90° га бурилган бўлади.

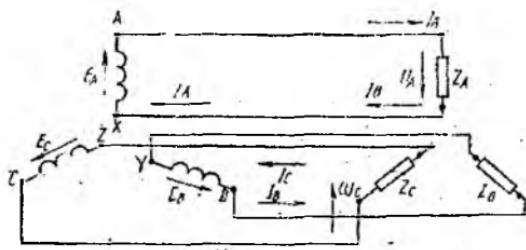
t_2 пайтда А ва В фазаларда ток мусбат, С фазада эса манфийдир. Демак, A, B ва Z ўтказгичларда ток биз томонга, С, x ва Y ўтказгичларда эса биз томондан чизмага йўналган ва магнит майдонининг магнит чизиқлари ўқининг бошлангич йўналишига нисбатан янада каттароқ бурчакка бурилган бўлади (46-расм, в).

Шундай қилиб, уч фазали чулғам ҳосил қилган магнит майдони магнит куч чизиқларининг йўналиши вақт ўтиши билан узуулуксиз равишда бир текис ўзгаради, яъни бу магнит майдони ўзгармас тезлик билан айланади.

Агар уч фазали чулғам фазаларининг навбатлашиши ўзгартирилса, яъни учта чулғамдан хоҳлаган иккитасининг электр

тармоғига уланиши үзгартырғаса, магнит майдонининг айланиш йұналиши үзгәради.

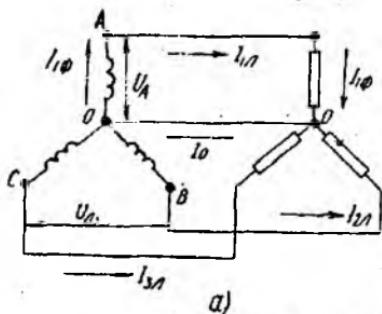
2.3. ГЕНЕРАТОР ЧУЛҒАМЛАРИНИ ЙОЛДУЗ УСУЛИДА УЛАШ



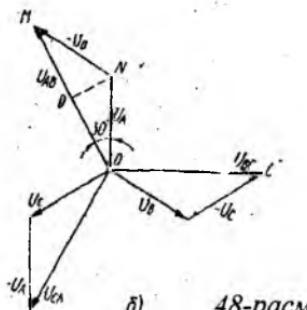
47-расм

47-расмда уча мұстақил бир фазали занжирга зәға бўлган генераторнинг схемаси кўрсатилган. Бу занжирдаги ЭЮКлар бир хил, яъни бир хил амплитудага зәға ва фазаси жиҳатидан

$\frac{1}{3} T$ даврга силжиган бўлади. Генератор статори чулғамларининг айрим жуфт қисқичларига линия симлари орқали истеъмолчилар уланган ва улар үзаро боғланмаган уч фазали системага зәға бўлиши мумкин.



a)



б)

48-расм

Генератор чулғамларини юлдуз шаклида улашда (48-расм, а) учала фазанинг охирги учлари умумий 0 нүктага уланади, бош учларига эса энергияни истеъмолчиларга элтувчи ўтказгичлар уланади.

Шу усулда ҳосил қилинган учта сим линия симлари деб, исталған иккى линия сими орасындағи кучланиш эса линия кучланиши деб аталади. Генератор чулғамларининг охирги учлари уланган умумий нүктадан истеъмолчиларга ноль сим деб

аталувчи түрткінчи сим тортилган бўлиши ҳам мумкин. Учта линия симларининг исталган бири билан ноль сим орасидаги кучланиш бир фазанинг бош учи билан охирги учлари орасидаги кучланишга тенг ва у фаза кучланиши деб аталади.

Одатда, генератор чулғамларининг ҳамма фазалари бир ҳил, фазалардаги ЭЮК нинг эфектив қийматлари тенг, яъни $E_A = E_B = E_C$ бўладиган қилиб уланади. Агар генераторнинг ҳар бир фазаси занжирига истеъмолчи (нагрузка) уланса, бунда шу занжирлар бўйлаб ток ўта бошлиди. Истеъмолчининг учала фазасида қаршиликнинг катталиги ва характеристики бир ҳил бўлса, яъни нагрузка тенг тақсимланса, фазалардаги токларнинг кучи бир ҳил ва ўз кучланишларига нисбатан бир ҳил ϕ бурчакка силжиган бўлади. Фазадаги нагрузкалар тенг бўлганда фаза кучланишларининг максимал қийматлари ҳамда ҳақиқий қийматлари ўзаро тенг бўлади, яъни $U_A = U_B = U_C$. Бу кучланишлар вектор диаграммасида кўрсатилгандек (48-расм, б) фазаси бўйича 120° бурчакка силжиган бўлади. Схеманинг исталган нуқталари орасидаги кучланиш (48-расм, а га қаранг) шу нуқталар орасидаги векторларга мос келади (48-расм, б). Масалан, схеманинг А ва О нуқталари орасидаги кучланиш (фаза кучланиши U_A) диаграмманинг ON векторига мос бўлади, схеманинг А ва В линия симлари орасидаги кучланиш (линия кучланиши U_{AB}) эса диаграмманинг OM векторига мос келади. OMN учбурчақдан

$$OM = 2OD = 2ON \cos 30^\circ = \sqrt{3}ON;$$

лекин

$$OM = U_{AB} = U_\phi;$$

$$ON = U_A = U_\phi;$$

демак,

$$U_\phi = \sqrt{3}U_\phi. \quad (2.8)$$

Шундай қилиб, генератор чулғамлари юлдуз шаклида уланганда фаза кучланишларининг симметрик системаси учун линия кучланишининг эфектив қиймати фаза кучланишининг эфектив қийматидан $\sqrt{3}$, марта катта бўлар элан.

Генератор чулғамлари юлдуз шаклида уланганда линия симидағи ток генератор фазаларидағи токка тенг, яғни $J_A = J_\phi$ бўлади.

Кирхгофнинг биринчи қонунига кўра генератор фазаларидағи токларнинг геометрик йиғиндиси нолга тенг, яғни

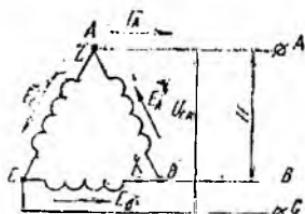
$$i_1 + i_2 + i_3 = 0.$$

Буни қуидаги исбот қилиш мумкин. Бунинг учун токнинг оний қийматларини қўшиб чиқамиз:

$$\begin{aligned} i_1 + i_2 + i_3 &= I_m [\sin \omega t + \sin(\omega t - 120^\circ) + \sin(\omega t - 240^\circ)] = \\ &= I_m (\sin \omega t + \sin \omega t \cdot \cos 120^\circ - \cos \omega t \cdot \sin 120^\circ + \\ &+ \sin \omega t \cdot \cos 240^\circ - \cos \omega t \cdot \sin 240^\circ) = I_m (\sin \omega t + \frac{1}{2} \sin \omega t - \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \omega t - \\ &- \frac{1}{2} \sin \omega t + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \omega t) = 0. \end{aligned}$$

Демак, фазалардаги нагрузкалар тенг бўлганда (юлдуз шаклида улашда) токлар оний қийматларининг алгебраик йиғиндиси ҳам нолга тенг экан.

2.4. ГЕНЕРАТОР ЧУЛҒАМЛАРИНИ УЧБУРЧАК УСУЛИДА УЛАШ



49-расм

Чулғамларнинг боши, x, y, z — чулғамларнинг охири.

Учбурчак шаклида улашда линия кучланишлари, яғни линиялар кучланишлари орасидаги кучланиш фаза кучланишга тенг бўлади:

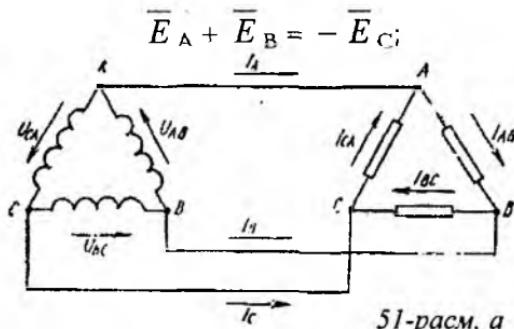
Агар уч фазали ток генераторлари биринчи фазасининг охирги уни иккинчи фазасининг боши билан, иккинчи фазасининг охирги уни учинчи фазанинг боши билан, учинчи фазанинг охирги уни биринчи фазанинг боши билан уланса, бундай улаш учбурчак усулида улаш деб юритилади (49-расм). А, В, С —

$$U_{AB} = U_A;$$

$$U_{BC} = U_B;$$

$$U_{CA} = U_C.$$

Учта симметрик ЭЮК ларнинг йиғиндиси нолга тенг (50-расм), чунки фазалардаги ЭЮК ларнинг икки векторини, масалан, \overline{E}_A билан \overline{E}_B ни қўшганимизда катталиги жиҳатидан учинчи векторга тенг, бироқ ишораси тескари бўлган \overline{E}_C вектор ҳосил бўлади:



$$\overline{E}_A + \overline{E}_B = -\overline{E}_C;$$

$$-\overline{E}_A + \overline{E}_C = 0$$

Шундай усул билан генератор ва истеъмолчилар уланади (51-расм, а).

Чулғамлар учбурчак шаклида уланганда линия ва фаза кучланишлари ўзаро тенг бўлади, яъни

$$U_L = U_\Phi \quad (2.9.)$$

Линия ва фаза

токлари орасидаги муносабатни аниқлаш учун токлар стрелкалар билан кўрсатилган.

Линия токларининг генератордан истеъмолчига қараб йўналишини мусбат йўналиш деб қабул қиласиз (51-расм, а). Фаза токларининг йўналишини ҳам мусбат деб оламиз.

Кирхгофнинг биринчи қоидасига кўра А, В, С тутунчаларда токларнинг оний қийматларини қуидагича ёзиш мумкин:

$$\text{А тутун учун } i_A + i_{CA} = i_{AB},$$

$$\text{В тутун учун } i_B + i_{AB} = i_{BC},$$

$$\text{С тутун учун } i_C + i_{BC} = i_{CA}.$$

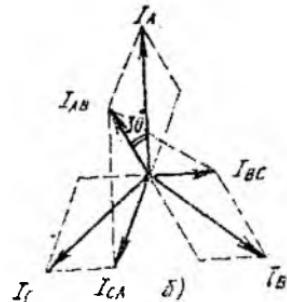
Бундан

$$i_A = i_{AB} - i_{CA},$$

$$i_B = i_{BC} - i_{AB},$$

$$i_C = i_{CA} - i_{BC}.$$

(2.10)



Демак, линия токларининг оний қиймати фазалардаги токлар оний қийматларининг алгебраик айрмасига тенг экан.

Токлар оний қийматларининг алгебраик йифиндиси уларнинг эффектив қийматларининг геометрик йифиндисига мос келади.

Шунинг учун қуйидагича ёза оламиз:

$$\vec{I}_A = \vec{I}_{AB} - \vec{I}_{CA},$$

$$\vec{I}_B = \vec{I}_{BC} - \vec{I}_{AB},$$

$$\vec{I}_C = \vec{I}_{CA} - \vec{I}_{BC}. \quad (2.12)$$

(2.12) тентгламалар системаси ва 51-расм, а дан қуйидаги хуносаларни чиқариш мумкин:

- 1) ҳар бир линия токи фаза токлари векторларининг айрмасига тенг;
- 2) фаза токларининг ҳар қандай қийматида ҳам линия токларининг геометрик йифиндиси нолга тенг бўлади, яъни

$$I_A + I_B + I_C = 0$$

51-расм, б да симметрик нагруззкада фаза ва линия токларининг вектор диаграммаси кўрсатилган.

Бу диаграммада линия токлари симметрик диаграмма ҳосил қилган бўлиб, у фаза токларининг диаграммасига нисбатан 30^0 силжиган.

Диаграммадан

$$\frac{I_A}{2} = I_{AB} \cos 30^0$$

ёки

$$I_A = I_{AB} \sqrt{3},$$

$$I_B = I_{BC} \sqrt{3},$$

$$I_C = I_{CA} \sqrt{3}.$$

Шунинг учун

$$I_A = I_B = I_C = I_x$$

Лекин

$$I_{AB} = I_{BC} = I_{CA} = I_\phi.$$

Демак,

$$I_\lambda = \sqrt{3} I_\phi. \quad (2.13)$$

Шундай қилиб, генератор чулғамларини учбурчак шаклида уланганда линия токлари фаза токларидан $\sqrt{3}$ марта катта бўлар экан.

2.5. ИСТЕММОЛЧИЛАРНИ ЮЛДУЗ УСУЛИДА УЛАШ

Биз аввалги параграфларда уч фазали ток уч симли система орқали узатилиши билан танишдик. Истеъмолчилар юлдуз усулида уланганда ҳам энергия истеъмолчиларининг тармоққа тўрт ёки уч симли системада улаш мумкин.

Агар генератор чулғамлари ва уч фазали ток истеъмолчиси симларининг бир учлари (охирлари) ноль нуқтага бирлаштирилса, бундай улаш юлдуз усулида улаш дейилади (48-расм, а га қаранг). Уч фазали ток системасининг учта линия симида истеъмолчиларга I_1 , I_2 ва I_3 токлар келади. Нолинчи симдан эса генераторга ток қайтади.

Уч фазали ток системасида икки хил кучланиш бўлади:

- ҳар қайси иккита линия сими орасидаги линия кучланиши U_λ
- исталган линия сими билан нолинчи сим орасидаги фаза кучланиш U_ϕ

Истеъмолчиларнинг ҳам генераторларнинг чулғамларига ўхшатиб, юлдуз усулида улаш мумкин. Бунда уч фазали тизим тўтр симли (нагрузка ёритиш асбобларидан иборат бўлганда) ёки (нагрузка электр двигателлари ё куч установкаларидан иборат бўлганда) уч симли бўлиши мумкин.

Тўрут симли уч фазали системада лампочкалар нейтрал сим билан линия симларидан бирининг орасига уланади (48-расм, а). Бу системада ҳам истеъмолчиларнинг иш шароити бир фазали системадаги иш шароитидан фарқ қилмайди, чунки нейтрал сим бор бўлганлиги сабабли истеъмолчиларнинг алоҳида фазаларидағи кучланишлар генераторларнинг мос фазаларидағи кучланишга тенг бўлади.

48-расм, а дан күренишича линия симларидағи токлар истеъмолчилар ёки генераторнинг мос фазаларидаги токларга тенг, яъни

$$I_A = I_\Phi$$

Истеъмолчилардан ұтаёттан фаза токлари ҳам бир фазали үзгарувчан ток занжирларидаги токларга үхшаб Ом қонунидан топилади, яъни

$$I_A = \frac{U_A}{Z_A};$$

$$I_B = \frac{U_B}{Z_B};$$

$$I_C = \frac{U_C}{Z_C}$$

бунда Z_A, Z_B, Z_C истемолчилар фазаларининг тұла қаршиликлари.

Токлар фазаларининг фаза кучланишларига нисбатан сиљиши бурчаклари қуйидаги формулалардан топилади:

$$\cos \varphi_A = \frac{R_A}{Z_A}; \quad \cos \varphi_B = \frac{R_B}{Z_B}; \quad \cos \varphi_C = \frac{R_C}{Z_C}$$

Нагрузка ёрітиш асбобларидан иборат бўлса,

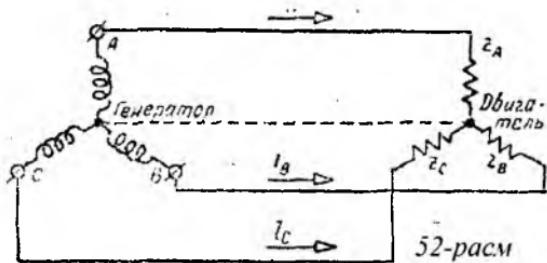
$$Z_A = R_A; \quad Z_B = r_B; \quad Z_C = R_C.$$

Токларнинг мусбат йўналишлари 48-расм, а дагидек қилиб олинганда нейтрал симда ұтаёттан токнинг оний қиймати Кирхгофнинг биринчи қоидасига биноан фаза токлари оний қийматларнинг йигиндисига тенг бўлади, яъни

$$i_0 = i_A + i_B + i_C$$

Нейтрал симдан ұтаёттан ток эффектив қийматини фазанинг векторларини геометрик усулда қўшиб топиш мумкин

$$\vec{i}_0 = \vec{i}_A + \vec{i}_B + \vec{i}_C$$



Бундай ҳол учун фаза кучланиш ва токларнинг линия ва фаза қийматлари орасидаги қуйидагича муносабат мавжуд бўлади:

$$U_{\text{II}} = \sqrt{3} U_\Phi;$$

$$I_{\text{II}} = I_\Phi$$

Занжирга юлдуз усулида бирлаштирилган ва фазаларнинг қаршилиги бир хил ($Z_A = Z_B = Z_C = Z_\Phi$) бўлган истеъмолчи уланган деб фараз қиласайлик (52-расм).

Истеъмолчилар текис симметрик бўлганда, ноль симда ток нолга тенг бўлади, чунки ноль симдаги ток уч фаза токларининг геометрик йифиндисига тенг, яъни $I_0 = I_A + I_B + I_C$. Бу ҳолда нол сим орқали ток ўтмайди ва бу симнинг ҳожати бўлмай қолади. Масалан, уч фазали ўзгарувчан ток двигателлари электр тармоғига юлдуз усулида ноль симсиз уланади.

Истеъмолчи текис бўлмаганда ноль симда ток нолга тенг бўлмайди ва бу сим сақланиши керак. Унинг кўндаланг кесими, одатда, линия симларининг кўндаланг кесимидан кичикроқ бўлади. Истеъмолчилар текис бўлмаганда, ноль сим бўлмаса ёки узилиб қолса, кучланишлар кескин ўзгаради. Масалан, А фазада нагрузка бўлмаса, В ва С фазалардаги нагруззкалар линия кучланишига кетма-кет уланиб қолади ва бу кучланиш фазаларга текис таҳсимланади. Демак, В ва С фазалардаги нагруззканнинг қаршиликларига линия кучланишининг ярмига тенг бўладиган кучланиш таъсир қиласи:

$$U_B = U_C = \frac{U_A}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2} U_\Phi$$

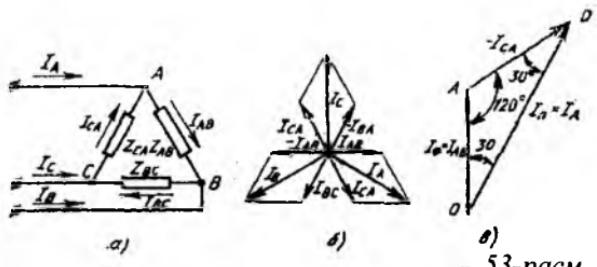
бундан

$$U_{II} = \sqrt{3} U_\Phi$$

Шундай қилиб, истеъмолчилар текис бўлмағанда ноль симни узиш ярамайди. Шуниңг учун ноль сим занжирига сақлагич қўйилмайди.

Истеъмолчилар юлдуз усулида уланганда вектор диаграмма 51-расм, б да тасвирланган.

2.6. ИСТЕЪМОЛЧИЛАРНИ УЧБУРЧАК УСУЛИДА УЛАШ



фазанинг охири учинчи фазанинг боши билан уланиб, ҳар қайси

Агар уч фазали ток нагруззкалари бир-бири билан қуидагича тартибда: биринчи фазанинг охири иккинчи фазанинг боши билан, иккинчи

уланган жойга тармоқнинг линия симлари туташтирилган бўлса, бундай улаш учбурчак усулида улаш дейилади (53-расм, а).

Бунда нагрузкаларнинг ҳар бир фазаси бевосита линия кучланишига уланади. Линия кучланиши ҳар бир нагрузка учун фаза кучланиши ҳам бўла олади, яъни

$$U_A = U_{AB}; \quad U_B = U_{BC}; \quad U_C = U_{CA}$$

Нагрузка қаршиликлари Z_{AB} , Z_{BC} ва Z_{CA} учбурчак усулида уланганда улардан ўтадиган ток кучи I_{AB} , I_{BC} ва I_{CA} бўлади. Бу токларни фаза токлари деб юритилади. I_A , I_B ва I_C токлар линия токлари деб юритилади. Фаза ва линия токларининг йўналишлари 53-расм, б да тасвирангган.

Кирхгофнинг биринчи қоидасига биноан A^1 нуқтада линия токи билан фаза токининг оний қийматлари, яъни i_A билан i_{CA} нинг йифиндиси фаза токининг i_{AB} га teng бўлади:

$$\begin{aligned} I_A + i_{CA} &= i_{AB} \\ I_A &= i_{AB} - i_{CA} \end{aligned}$$

Худди шунгага ўхшаш, В нуқтада

$$I_B = i_{BC} - i_{AB}$$

ва С нуқтада

$$i_C = i_{CA} - i_{BC}$$

Шундай қилиб, линия токининг оний қиймати шу сим билан бирлашган фазалардаги токлар оний қийматларининг алгебраик айримасига teng экан.

Линия токларининг эффектив қийматларига мос фаза токлари векторларининг геометрик айримаси сифатида топилади,

$$\bar{I}_A = \bar{I}_{AB} - \bar{I}_{CA}; \quad \bar{I}_B = \bar{I}_{BC} - \bar{I}_{AB}; \quad \bar{I}_C = \bar{I}_{CA} - \bar{I}_{BC}$$

53-б расмда истеъмолчилар учбурчак усулида уланган ҳол учун кучланиш ва токларнинг вектор диаграммаси тасвирангган. Диаграммада линия токларининг векторлари мос фаза векторларининг айримаси сифатида топилган. Бу диаграммада токларнинг ҳаммасининг векторлари умумий бошланғич нуқтадан чиқсан. Айрим ҳолларда кўргазмалироқ бўлиши учун векторлар кучланиш ва токларнинг векторларидан ёпиқ учбурчак ҳосил бўладиган қилиб ўз-ўзига параллел ҳолда кўчирилади (53-расм, б).

Агар линия кучланишлари системаси симметрик, яъни $U_{AB} = U_{BC} = U_{CA} = U_\Phi = U_L$ ва фазалардаги нагрузкалар бир хил, яъни

$$Z_{AB} = Z_{BC} = Z_{CA} = Z_\Phi \\ \varphi_{AB} = \varphi_{BC} = \varphi_{CA} = \varphi_\Phi$$

бўлса, у ҳолда фаза токларининг эффектив қийматлари ўзаро тенг ва мос кучланишларга нисбатан бир хил φ_Φ бурчакларга силжиган ҳамда бир-бирига нисбатан 120° силжиган бўлади (53-расм, в).

Бу ҳолда фаза ҳамда линия токлари системалари симметрик бўлади:

$$I_{AB} = I_{BC} = I_{CA} = I_\Phi \\ I_A = I_B = I_C = I_L$$

Линия ва фаза токлари орасидаги муносабатларни топиш учун, масалан, фаза токи I_{AB} векторининг учидан линия токи I_A векторига перпендикуляр ўтказамиш.

Тўғри бурчакли ОМН учбурчакдан қўйидагини топамиш:

$$\frac{1}{2} I_L = I_\Phi \cos 30^\circ = I_\Phi \frac{\sqrt{3}}{2}$$

бундан эса

$$I_L = \sqrt{3} I_\Phi$$

яъни учбурчак усулида уланган истеъмолчининг фазаларидағи нагрузкалар бир бўлгандада линия токларининг абсолют қийматидан $\sqrt{3}$ марта катта бўлади.

Худди ўша учбурчакдан линия токлари мос фаза токларидан 30° бурчакка орқада юради деган хуносага келамиш.

Учбурчак усулида уланган ва фазаларидағи истеъмолчилик фазасини ҳисоблаш кифоя.

Бу ҳолда фаза токи

$$I_\Phi = \frac{U_\Phi}{Z_\Phi}$$

линия токи

$$I_A = \sqrt{3} I_\Phi \quad (2.14)$$

бўлади.

2.7. УЧ ФАЗАЛИ ТОКНИНГ ҚУВВАТИ

Юкламалардаги уч фазали токнинг актив қуввати занжирнинг айрим қисмларидағи актив қувватларнинг йиғіндисига тең, яғни

$$P = P_{\phi 1} + P_{\phi 2} + P_{\phi 3}$$

еки

$$P = I_{\phi 1}U_{\phi 1}\cos\varphi_1 + I_{\phi 2}U_{\phi 2}\cos\varphi_2 + I_{\phi 3}U_{\phi 3}\cos\varphi_3.$$

Юкламалар симметрик бүлгандың фазаларнинг актив қувватини қуийдагича ёзиш мүмкін:

$$P = 3 U_{\phi} I_{\phi} \cos\varphi \quad (2.15)$$

Агар истеъмолчилар юлдуз шаклида уланган бўлиб, юкламалар симметрик бўлса, яғни

$$U_{\phi} = \frac{U_{\lambda}}{\sqrt{3}}; \quad I_{\phi} = I_{\lambda}$$

бўлса, уч фазали занжирнинг қуввати қуийдагича бўлади:

$$P = 3 \frac{U_{\lambda}}{\sqrt{3}} \cdot I_{\lambda} \cos\varphi = \sqrt{3} U_{\lambda} I_{\lambda} \cos\varphi.$$

Агар истеъмолчилар учбурчак шаклида уланган бўлса, симметрик юкламада уч фазали ток қуввати қуийдагича ёзилади:

$$P = 3 \frac{I_{\lambda}}{\sqrt{3}} \cdot U_{\lambda} \cos\varphi = \sqrt{3} I_{\lambda} U_{\lambda} \cos\varphi,$$

чунки бунда

$$U_{\phi} = U_{\lambda}; \quad I_{\phi} = \frac{U_{\lambda}}{\sqrt{3}}.$$

Уч фазали токнинг реактив қуввати

$$Q = \sqrt{3} U_{\lambda} I_{\lambda} \sin\varphi, \quad (2.16)$$

Унинг тўла қуввати

$$S = \sqrt{3} U_{\lambda} I_{\lambda}$$

Такрорлаш учун саволлар

1. Уч фазали ток деб нимага айтилади?
2. Уч фазали ток системасида юлдуз ва учбурчак улашлар қандай амалга оширилади? Уларнинг таърифини беринг.
3. Уч фазали генератор юкланган пайтда унинг чулғамларида ва уни электр истеъмолчи билан улайдиган линияда токлар бўлади. Қайси схемада (юлдуз ёки учбурчак) генераторнинг фазасидаги ток линия симидағи токка тенг бўлади?
4. Тўрт симли симметрик занжирда нолинчи симдаги ток нолга тенглигини қандай исботлаш мумкин?
5. Уч фазали электр двигателнинг чулғамларини юлдуз ёки учбурчак усулида улаш мумкин. Агар чулғамларни аввал юлдуз, кейин эса учбурчак усулида улаб, двигатель битта электр тармоқда уланса, унинг қуввати қандай ўзгаради?
6. Кўпчилик саноат корхоналарида аралаш нагруззкали (куч ва ёритиш) электр таъминоти учун мўлжалланган электр тармоқлари 380/220 В кучланишда тўрт симли (нолинчи сими бор) қилиб бажарилади. Бу ҳолни қандай изоҳлаш мумкин?
7. Тўрт симли занжирда истеъмолчининг фазалари юлдуз усулида уланганда битта фазада сим узилди. Агар вольтметр қисмаларига узилган симнинг учлари уланса, вольтметр қандай кучланишни кўрсатади?
8. Рамка соат милига тескари йўналишда айланганида унда қуийдагича ЭЮК индукцияланади: $e_a = E_m \sin \omega t$; $e_c = E_m \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3})$; $e_c = E_m \sin(\omega t + \frac{2\pi}{3})$. Агар рамка соат мили йўналишида айланса қандай ЭЮКлар индукцияланади?
9. Уч фазали занжирдаги симметрик истеъмолчи учбурчак усулида уланган. Бунда линия кучланиши $U_L = 220$ В, фаза токи $I_\phi = 10$ А, қувват коэффициенти $\cos \varphi = 0,8$. Занжиридаги истеъмол қилиняпган актив қувватни аниқланг.

III БОБ. ЭЛЕКТР ЫЛЧАШ АСБОБЛАРИ

3.1. АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР

Электр катталикларни үлчаш турли ишлаб чиқариш жарапынан тұғри бошқаришга, электр қурилмаларини бир хилда ишлатишга ва улардан яхшироқ фойдаланишга, ёқилғи ҳамда хом ашёни тежашга имкон бергандылыктың учун ишлаб чиқаришда катта ажамияттағы әгадір.

Үлчаш бу үлчов ва үлчаш асбобларынан өрдамида тажриба йўли физик катталикларни топишидир.

Физик катталиктарниң берилган миқдорини қайта тиклаш воситасига үлчов дейилади.

Үлчаш ахборот сигналини кузатиш ва бевосита ўзлаштиришга мўлжалланган воситага үлчов асбоби дейилади.

Физик катталикларни электр үлчаш воситалари өрдамида үлчаш электр үлчаш дейилади. У ҳозирги вақтда электр ва ноэлектр катталикларни үлчашда кенг қўлланилади.

Электр қурилмаларининг иш режимини мутассил кузатиб бориш ва генератор ҳосил қиласидан ҳамда турли истеъмолчилар ишлатадиган электр энергиясини ҳисобга олиш учун электр занжирга ҳар хил электр үлчаш асбоблари уланади. Бу асбоблар ток кучи, кучланиш, қаршилик, ток частотаси, сарф қилинган электр энергияни үлчайди.

Амалий үлчашларда ишлатиладиган асбоблар иш асбоблари дейилади. Асбобларни текшириш ва даражалаш учун мўлжалланган асбоблар намуна асбоблар дейилади.

Үлчаш воситаларининг аниқлик синфи белгилари ва йўл қўйиладиган хатолик чегараларини аниқлашнинг асосий усуллари Давлат андозаси 8.401 – 80 билан расмийлаштирилган. Аниқлик синфи сифатида хатоликлардан қайси бири белгиланганлигини фарқлаш учун шартли белгилар қўлланилади. (1-жадвал).

Асбобларнинг аниқлик синфи белгиси $0.02/0.01$ кўринишида берилган бўлса, у ҳолда бу белги асбоб хатолигини икки хадли $V_{\text{кб}} = 0.01$ үлчаш чегарасининг бошидаги келтирилган хатолиги ва $V_{\text{ко}} = 0, -2\%$ ($V_{\text{ко}}$ – үлчаш чегарасининг охиридаги келтирилган хатолик)лардан исбрат бўлган икки хадли тенглама бўйича нормаллаштирилганлигини англатади.

1-жадвалда электр ўлчаш асбобларининг шартли белгилари ва улар ҳақида умумий маълумотлар берилган. Асбобларнинг синфи унинг шкаласи ёнида кўрсатиб қўйилади.

Асбоблар, шунингдек ўзгармас ва ўзгарувчан тоқда ишловчи асбобларга ҳам бўлинади.

Ҳамма тизимларга оид электр асбобларига Давлат андозаси бўйича қўйидаги техник талаблар қўйилади:

а) аниқ ва ишончли ишлайдиган, арzon ва осон йифиладиган бўлиши керак;

б) кам қувват оладиган, ўлчанаётган занжирнинг электр параметрларига сезиларли ўзгаришлар киритмайдиган;

в) шкалалари бўлинмаларининг қиймати бир хил бўлиши;

г) катта ток ва кучланишларга чидамли бўлиши;

д) узоқ вақт ишлаши.

Ҳар қандай ўлчаш натижаси ўлчанаётган бирор физик катталиктининг ҳақиқий қийматидан бир оз фарқ қиласди. Ўлчанаётган катталиктининг ҳақиқий қиймати намуна ўлчовлар ёрдамида аниқланадиган қийматdir.

Ўлчанаётган катталикни ўлчашда асбоб кўрсатган қиймати A_1 билан унинг ҳақиқий қиймати A_2 ўртасидаги айирма асбобнинг абсолют хатолиги деб юритилади ва ΔA билан белгиланади:

$$\Delta A = A_1 - A_2$$

Абсолют хатоликнинг ўлчанаётган катталиктининг ҳақиқий ёки ўлчанган қийматига нисбати нисбий хатолик деб юритилади ва γ ҳарфи билан белгиланади. Нисбий хатолик фоиз ҳисобида ўлчанади:

$$\nu = \frac{\Delta A}{A_2} \cdot 100\% \quad (3.1)$$

3.2. ЭЛЕКТР ЎЛЧАШ АСБОБЛАРИНИНГ ТУРЛАРИ

Электр ўлчаш асбобларининг турлари жуда кўп. Уларга қўйиладиган талаблар, ишлаш шароитлари, тузилиши ва бошқа белгиларига қараб, улар турли гуруҳларга бўлинади:

а) бевосита кўрсатадиган, жамлайдиган ва ўзи ёзадиган (қайд қилувчи)асбоблар;

б) мосланувчи асбоблар;

Электротехникада катталикларни бевосита кўрсатадиган асбоблар кўпроқ ишлатилади, чунки уларнинг тузилиши содда, шкалалари бўйлаб стрелка ёки ёруғлик шуъласи тарзидаги кўрсаттич ҳаракат қиласди.

Мосланувчи асбобларда алоҳида даста бўлади, яъни асбобнинг бирор қисмини қўл билан ҳаракатга келтириш лозим. Масалан, турли потенциометрлар, ўлчаш кўприклари шу гуруҳга тааллуқлидир. Бевосита кўрсатадиган асбобларнинг ўзи икки гуруҳга бўлинади: стационар ва кўчма асбоблар. Стационар асбоблар панел шчит, шультларга ўрнатилади ва қўзнатилмай ишлатилади.

Кўчма асбоблардан кўпинча лабораторияларда, баъзи техник ўлчашларда ва тадқиқот ишларида фойдаланилади.

Асбоблар ишлаш шароитига кўра А, Б, В, ва Т гуруҳларга бўлинади. Хона шароитида ишлашга мослашган асбоблар А гуруҳга киради. Шчит асбоблари ва иситимайдиган биноларда ишлатиладиган баъзи кўчма асбоблар Б ва В гуруҳга киради.

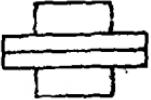
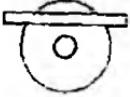
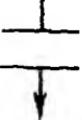
Ўлчаш асбоблари аниқлик даражаси бўйича саккиз (Давлат андозасига 1845 –59) классга бўлинади: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 4.

Асбобларнинг аниқлик класси асбобда айланана ичига олиб ёзилган сон билан кўрсатилган бўлади.

Асбобларни бундай классларга бўлишда улар нормал шароитда ишлаганида қанчалик хато қилиши – солиштирма хатоликнинг рухсат этилган энг юқори қиймати – асосий хатолик кўзда тутилади.

**Электр ўлчаш асбоблари ва уларнинг шартли белгилари,
асбобларнииг ишлаш жараёни бўйича**

1-жадвал

№	Асбобларнинг тизими	Шартли белгиси	Шу тизимда ишлатиладиган асбоблар
1	Магнитоэлектрик		Амперметр, вольтметр, мегометр
2	Электродинамик		Амперметр, вольтметр, ваттметр, терциметр, фазометр
3	Электромагнит		Амперметр, вольтметр, фазометр, синхроскоп
4	Иссиқлик		Амперметр
5	Индукцион		Электр счётилари
6	Электростатик		Вольтметр
7	Термоэлектрик		Амперметр, вольтметр

І-жадвал (давоми)

№	Асбобларнинг тизими	Шартли белгиси	Шу тизимда ишлатиладиган асбоблар
8	Вибрацион		Герцметр (частотометр)
9	Детекторли		Амперметр, вольтметр
10	Электрон		Амперметр, вольтметр, потенциометр
11	Фотоэлектрик		Люксметр, экспозиметр

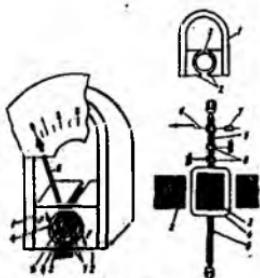
б) Ўлчаш вақтидаги вазияти бўйича

№	Асбобнинг вазияти	Шартли белгилар
1	Вертикал	
2	Горизонтал	
3	30° бурчак остида ўрнатилади	

в) Асбоблар гуруҳи бўйича

№	Гуруҳ	Атрофдаги муҳит температураси, °C
1	A	0 дан 35 гача
2	Б	— 30 дан 40 гача
3	B ₁	— 40 дан 50 гача
4	B, B ₂	— 50 дан 60 гача

3.3. МАГНИТОЭЛЕКТРИК ТИЗИМ АСБОБЛАРИ



54-расм

Магнитоэлектрик тизим асбоблари магнит майдон билан токли ўтказгичнинг ўзаро таъсиrlашуви асосида ишлади. Шундай асбоблардан бирининг тузилиш схемаси 54-расмда кўрсатилган.

Магнитоэлектрик асбоблар, асосан магнит занжирини ташкил этувчи қисм ва қўзғалувчан фалтақдан иборат. Магнит занжир доимий магнит 1, цилиндрiga мослаб ишланган қутб учлари 2 ва цилиндр шаклидаги пўлат ўзак 3 дан тузилган бўлиб, бу қутб учлари билан цилиндрик ўзак оралиғида радиал йўналган магнит майдон ҳосил бўлади.

Иккита ярим ўқ 5 га ўрнатилган енгил (алюминий) каркасга ўралган изоляцияланган сим чулрами шу оралиқда эркин айланиши мумкин.

Ярим ўқларнинг бирига стрелка 6, иккита посанги 7 ва спираль пружинанинг ички учлари 8 маҳкамлаб ўрнатилган.

Бир пружинанинг ташки учи корректорга, иккинчи пружинанинг ташки учи эса асбобнинг қўзғалмас қисмига маҳкамланган.

Ҳаракатчан қисм – изоляцияланган сим ўралган асос (каркас) дан, яъни тўғри бурчакли фалтак ёки рамка 4 дан иборат. Рамка 4 бир жинсли магнит майдонида ётади. Рамка иккита ярим ўқча маҳкамланган. Бу ўқларнинг бирига кўрсатувчи стрелка ўрнатилган. Ҳаракатчан фалтакка ток иккита спираль шаклидаги пружина орқали ўтиб боради.

Фалтақдан ток ўтганда, чап қўл қоидаси асосида, рамкани маълум бурчакка бурувчи механик куч ҳосил бўлади.

Бу күчнинг катталиги магнит майдон индукцияси B , ғалтакдаги ток кучи I , ўрамлар сони n ва ўтказгичнинг актив узунлиги L га боғлиқ:

$$F = IBLn. \quad (3.2)$$

Бу кучдан ҳосил бўлган буровчи момент

$$M = 2F \frac{L}{2} = IBLnb$$

Бунда $S = bL$ – ғалтакнинг юзи, у ҳолда

$$M = IBnS. \quad (3.3)$$

Асбоб ҳаракатланувчан қисмининг турғун ҳолати моментларнинг тенглиги билан белгиланади:

$$M = \alpha K \text{ ёки } IBnS = K\alpha \quad (3.4.)$$

бундан

$$\alpha = \frac{IBnS}{K};$$

бунда $S_1 = \frac{BSn}{K}$ деб белгилаймиз, у ҳолда

$$\alpha = S_1 I$$

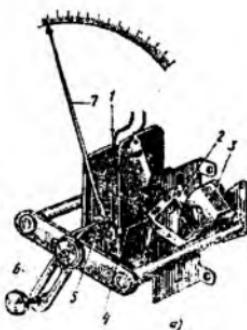
$S_1 = \frac{1}{a}$ асбобнинг ток бўлгандаги сезгирилиги деб юритилади.

Магнитоэлектрик тизим асбоблари қутбли бўлиб, ўзгарувчан ток занжирида ишламайди. Ғалтакдан ўзгарувчан ток ўтганда, айланувчи момент йўналиши ўзгарганда ўз йўналишини ўзгартиради. Инерция туфайли қўзгалувчи система ток частотаси билан тебранишга улгура олмайди, шунинг учун у қўзғалмас бўлиб қолади ва асбоб ҳеч нарса кўрсатмайди.

Аниқлиги, сезгирилгүү юқори, шкаласи бир текисдәлиги, энергия кам истеъмол қилиши (10^{-3} – 10^{-6} Вт), құзғалувчы тизим тезда тинчланиши ва ташқи магнит майдонлари кам таъсир этиши сабабли магнитоэлектрик система асбоблари вольтметр, миллиамперметр, микроамперметр сифатида, шуннингдек, универсал үлчаш асбобларида (авометрларда) кенг құлланилади. 55-расмда магнитоэлектрик системадаги М – 1150 тип амперметрининг ташқи күриниши тасвирланган.

Бу тизимдаги асбобларнинг камчиликларига қуйидагилар киради: нисбатан қыммат туради, ортиқча нағрузкага сезгир ва фақат үзгармас ток занжирларидагина үлчашга яроқли.

3.4. ЭЛЕКТРОМАГНИТ ТИЗИМ АСБОБЛАРИ



56-расм



55-расм

Электромагнит тизим асбобарининг ишлеш принципи соленоид орқали ток үтгандай магнит майдонининг құзғалувчан ферромагнит үзакка күрсатадиган таъсирига асосланған (56-расм, а).

Асбобнинг құзғалмас қисмі изоляциялы мис-

симдан үралған чулғами ясси ғалтак 1 дан иборат. Чулғамнинг учлари клеммаларга уланади. Асбоб құзғалмас қисменинг подшипникларга үрнатылған үки 4 бүләди. Бу үққа пұлат үзак, стрелка 7 ва үзгармас магнит 3 нинг магнит майдонида жойлашған тинчлантиргичнинг сегменти 2 үрнатылған. Акс-

таъсир этувчи момент ҳосил қилувчи спираль пружина 5 нинг бир учи корректор б ға, иккинчи учи эса ўққа уланган. Корректор тирқишига винт қалпоқли эксцентрик штифт ўрнатилган.

Фалтак 1 чулгамидан ток ўтганда магнит майдони ҳосил бўлиб, пўлат ўзак фалтак ичига тортилади. Чулғамдаги ток кучига қараб ўзак фалтак ичига оз ёки кўп тортилади ва асбобнинг шкаласидаги қийматни кўрсатувчи стрелка маҳкамланган ўқни маълум бурчакка буради. Бунда айлантирувчи момент ҳосил бўлади.

Бу ҳол учун айлантирувчи моментнинг қиймати қўйидагича бўлади:

$$M = \frac{d\omega_e}{d\alpha} = \frac{d(L \frac{I^2}{2})}{d\alpha} = \frac{I^2}{2} \cdot \frac{dL}{d\alpha} \quad (3.5)$$

бу ерда L – фалтакнинг индуктивлиги;

α – бурилиш бурчаги.

Пружинанинг акс таъсир қилувчи моменти:

$$M = K\alpha \quad (3.6)$$

(3.5) ва (3.6) моментлар teng бўлганда қўзғалувчан қисм турғун ҳолатда бўлади, яъни

$$\frac{I^2}{2} \cdot \frac{dL}{d\alpha} = K\alpha$$

бундан

$$\alpha = \frac{I^2}{2K} \cdot \frac{dL}{d\alpha} \quad (3.7)$$

(3.6) формуладан қўйидаги хуносаларни чиқариш мумкин:

а) қўзғалувчан қисмнинг бурилиш бурчаги токнинг йўналишига боғлиқ эмас. Демак, электромагнит тизим асбобларини ўзгармас ва ўзгарувчан ток занжирида ўлчаш учун қўллаш мумкин. Асбоб ўзгарувчан ток занжирида ток кучи ва кучланишининг эффектив қийматини ўлчайди;

б) асбоб қўзғалувчан қисмининг бурилиш бурчаги токнинг квадратига тўғри пропорционал, демак, асбоб шкаласи нотекис.

Конструкциясининг соддалиги, арzonлиги, ўзгарувчан ва ўзгармас ток кучи ва кучланишини ўлчай олиши электромагнит система асбобларининг афзалликлариdir.

Камчиликлари: шкаласи нотекис, ташқи магнит майдон таъсирига сезгир, катта қувват истеъмол қиласди.

Электромагнит тизим асбоблари, асосан, ўзгарувчан ток занжириларида амперметр ва вольтметр сифатида ишлатилади.

Амперметр фалтагининг чулғами йўғонроқ симдан озгина ўраб ҳосил қилинган бўлса, вольтметрларнинг чулғами ингичка симдан кўп ўралган бўлади. 56-расм, б да амперметрнинг ташқи кўриниши тасвирланган.

3.5. ЭЛЕКТРОДИНАМИК ТИЗИМ АСБОБЛАРИ. ВАТТМЕТР

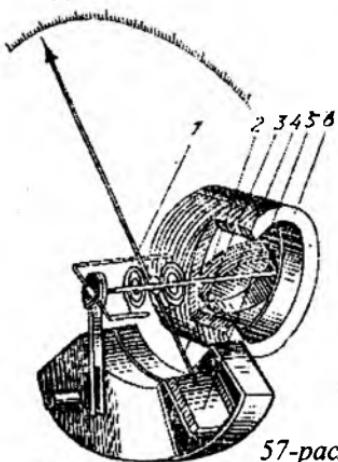
Электродинамик тизим асбобларидан ўзгарувчан ва ўзгармас ток тармоқларида кучланиш, ток кучи ва қувватни ўлчашда фойдаланилади.

Электродинамик система асбобларининг ишлаши магнит майдони билан токли ўтказгичнинг ўзаро таъсиралишига асосланган.

Асбоб йўғон сим ўралган, ўрамлар сони унча кўп бўлмаган қўзғалмас фалтак 6 ва унинг ичига жойлаштирилган ингичка сим ўралган, ўрамлар сони кўп бўлган қўзғалувчан фалтак 2 га эга (57-расм).

Қўзғалувчан фалтак ўқи 4 га стрелка 3 ва ток ўтказувчи ҳамда акс таъсир этувчи момент ҳосил қиласдиган пружина 1 маҳкамланган. Стрелканинг пастки томони ҳаволи тинчлантиргич 5 билан тутгайди. Асбоб ташқи магнит майдонларига сезгир бўлганилиги сабабли магнитли тинчлантиргичнинг

бу системада қўлланишига йўл қўйилмайди. Асбоб электр занжирига уланганда фалтакдан ток ўтади ва ҳосил бўлган магнит майдонлари электродинамик кучни вужудга келтиради. Бу куч қўзғалувчи системани икки фалтакнинг магнит майдонлари йўналиши бир хил бўлмагунча буришга ҳаракат қиласди. Агар фалтаклар орқали бир хилда ток ўтмоқда десак, унда фалтаклар орасида ҳосил бўладиган ўзаро таъсир этувчи куч ток кучининг



57-расм

квадратига пропорционал бўлади. Шунинг учун электродинамик амперметр ва вольтметрлар нотекис шкалага эга бўлади.

Асбоб ўзгарувчан ток тармоғига уланганда айланувчи моментнинг йўналиши ўзгармайди, чунки бунда иккала • фалтақдаги ток йўналиши бир вақтнинг ўзида ўзгарида. Ўзгарувчан ток занжирларида бу системадаги асбоблар ўлчанаётган катталикнинг эффектив қийматини кўрсатади.

Агар асбоб кучланишини ўлчаш учун ишлатилса, қўзғалувчан ва қўзғалмас фалтақлар кетма-кет уланади. Бундай ўлчаш унча катта бўлмаган токларни (0,5 А гача) ўлчашда ҳам қўлланилади. Катта қийматли токлар ўлчанаётганда асбоб фалтақлари параллел уланади. Кувват ўлчанаётганда қўзғалмас фалтақ кетма-кет, қўзғалувчан фалтақ эса параллел уланади. Охирги ҳолда қўзғалмас фалтақ орқали нагрузка токи, қўзғалувчи фалтақ орқали эса нагруззкадаги кучланишга пропорционал бўлган ток ўтади, бу нагрузка истеъмол қилаётган қувватга пропорционал бўлган айланувчи момент ҳосил қиласди. Шу сабабли электродинамик ваттметрлар бир текис шкалага эга бўлади.

Электродинамик тизим асбобларининг қуидаги афзаликлари бор:

- бу тизим асбобларини ўзгарувчан ва ўзгармас ток тармоқларига улаш мумкин;
- кучланиш, ток кучи ва қувватни ўлчаш мумкин;
- аниқлиги юқори;
- ваттметрлар шкаласи бир текис.

Уларнинг камчиликлари:

- катта қувват истеъмол қиласди;
- ташки магнит майдонига сезгир ва нархи қиммат.

Ўлчаш техникасида электродинамик ваттметр бошқа тизимдаги ваттметрларга нисбатан кўп ишлатилади.

Ваттметрдаги қўзғалмас фалтақ нагруззкага кетма-кет, қўзғалувчан фалтақ эса қўшимча қаршиликка параллел уланади. Ўзгармас токда ваттметр стрелкасининг бурилиш бурчаги α қуидагича бўлади:

$$\alpha = \frac{I_1 I_2}{K} \cdot \frac{dM_{12}}{d\alpha} \quad (3.8)$$

бу ерда

$$I_2 = \frac{U}{R_2 + R_k} \quad (3.9)$$

бунда R_2 – құзғалувчан ғалтакнинг қаршилиги.

(3.4) ва (3.5) ифодаларға күра

$$\alpha = \frac{I_1 U}{K(R_2 + R_k)} \cdot \frac{dM_{12}}{d\alpha} \quad (3.10)$$

$I_1 U$ күпайтма занжирнинг қуввати P га тенг. Агар асбобда

$\frac{dM_{12}}{d\alpha} = \text{const}$ бўлса (3.6) даги күпайтмани қуидагича ёзиш мумкин:

$$K_1 = \frac{1}{K(R_2 + R_k)} \cdot \frac{dM_{12}}{d\alpha},$$

у ҳолда

$$\alpha = K_1 P \quad (3.11)$$

Бундай асбоб бир текис шкалада токнинг қувватини үлчайди.

Энди ўзгарувчан ток занжирига уланган ваттметрнинг ишлаш принципи билан танишайлик (58- расм).

Токлар i_1 ва i_2 қуидагича берилган деб фараз қилайлик

$$i_1 = I_{m1} \sin \omega t,$$

$$i_2 = I_{m2} \sin(\omega t + \phi)$$

58-расм

Асбобнинг құзғалувчан қисми маълум инерция моментига зга, шунинг учун унинг бурилиш моменти оний қиймати билан эмас, балки ўртача қиймати билан характерланади:

$$\begin{aligned} M &= \frac{1}{T} \cdot \int_0^T I_{m1} \sin \omega t \cdot I_{m2} \sin(\omega t - \phi) \cdot \frac{dM_{12}}{d\alpha} dt = \\ &= \frac{1}{T} I_{m1} \cdot I_{m2} \frac{dM_{12}}{d\alpha} [\cos \phi \int_0^T \sin^2 \omega t \cdot dt \cdot \sin \phi \int_0^T \sin \omega t \cdot \cos \omega t \cdot dt] = \\ &= I_1 I_2 \cos \omega \cdot \frac{dM_{12}}{d\alpha} \end{aligned} \quad (3.12)$$

асбобнинг бурилиш бурчаги қуйидагида бўлади

$$\alpha = \frac{I_1 I_2 \cos \varphi}{K} \cdot \frac{dM_{12}}{d\alpha} \quad (3.13)$$

агар ғалтакнинг индуктив қаршилигини эътиборга олмасак, у ҳолда ток кучи қуйидагига тенг бўлади:

$$I_2 = \frac{U}{R_2 + R_k}$$

Бу катталикни (3.13) ифодага $\frac{dM_{12}}{d\alpha} = \text{const}$ ҳол учун

қўямиз ва

$$K_1 = \frac{1}{K(R_2 + R_k)} \cdot \frac{dM_{12}}{d\alpha}$$

деб белгилаб оламиз. У ҳолда

$$\alpha = K_1 I_1 U \cos \varphi = K_1 P_a. \quad (3.14)$$

Демак, электродинамик ваттметр ўзгарувчан токнинг актив күвватини ўлчар экан.

3.6. ИНДУКЦИОН ТИЗИМ АСБОБЛАРИ

Истеъмолчилар сарфлаган электр энергияни ўлчаш учун электр энергия счётиклиари ишлатилади. Ўзгармас ток занжирларидағи энергия электродинамик счётиклар ва ўзгарувчан ҳамда уч фазали ток занжирларидағи энергия индукцион счётиклар ёрдамида ҳисобланади.

Индукцион тизим счётикнинг ишлаш жараёни уюрма токларнинг айланувчи магнит майдони билан ўзаро

таъсирилашишига асосланган.

Бир фазали индукцион счётик иккита электромагнит, қўзғалувчан алюминий диск, редуктор, ҳисоблаш меха-



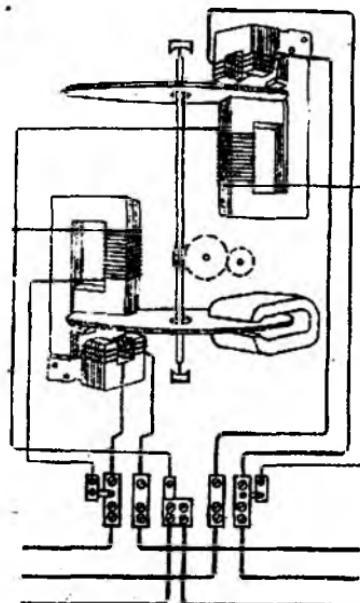
59-расм

низми ва тормозловчи магнитлардан иборат (59-расм, а). Счётчикнинг ташки кўриниши 59-расм, б да, тормозловчи магнит 59-расм, в да кўрсатилган.

1 ва 2 электромагнитларнинг магнит системаси ҳаво оралиғига эга бўлиб, электромагнит 1 нинг ғалтаки истеъмолчи билан кетма-кет, электромагнит 2 нинг ғалтаги эса параллел уланади. Электромагнитнинг қутблари орасида айланувчи магнит майдони ҳосил бўлади.

Бу магнит майдонида эркин айланувчи алюминий диск бойлашган.

Индукцион система асбобларида бир-биридан φ бурилиш бурчагига фарқ қиливчи икки магнит майдони Φ_1 ва Φ_2 оқими ҳосил бўлади, деб фараз қиласлик.



60-расм

$$\Phi_1 = \Phi_{m1} \cdot \sin \omega t$$

$$\Phi_2 = \Phi_{m2} \cdot \sin (\omega t - \varphi)$$

Бу оқимлар дискда кесилса, унда E_1 ва E_2 ЭЮК шунингдек I_1 ва I_2 уюрма токлар ҳосил бўлади. Векторларнинг ўзаро жойлашиши 60-расмда кўрсатилган.

Магнит майдони Φ_1 ва Φ_2 оқимларининг ва I_1 , I_2 токларнинг ўзаро таъсиралиши натижасида M_1 ва M_2 моментлар ҳосил бўлади.

$$M_1 = K_1 \Phi_1 I_2 \cos(\Phi_1 I_2) =$$

$$K_1 \Phi_1 I_2 \cos(90 - \varphi)$$

$$M_2 = K_2 \Phi_2 I_1 \cos(\Phi_2 I_1) =$$

$$K_2 \Phi_2 I_1 \cos(90 - \varphi)$$

ёки

$$M_2 = -K_1 \Phi_1 I_2 \sin \varphi$$

$$M_2 = -K_2 \Phi_2 I_1 \sin \varphi \quad (3.15.)$$

M_1 ва M_2 моментлар ишораларининг ҳар хиллигидан шуни айтиш мумкинки, бир момент майдонга тортилса, иккинчи

момент майдондан қочади. Шунинг учун диск айланма ҳаракат қиласи. Дискка таъсир этувчи натижавий момент M ни топиш учун M_1 ва M_2 моментларни қўшамиз.

Агар уюрма токларнинг магнит оқими үзгариш тезлигига пропорционаллигини ҳисобга олсак I_1 ва I_2 ни бундай ёзиш мумкин:

$$I_1 = K_1^1 \Phi_1 f; \quad I_2 = K_2^1 \Phi_2 f.$$

Бу ифодаларни (3.15) га қўямиз ва натижавий моментни топамиз:

$$M = M_1 + M_2 = K\Phi_1\Phi_2 - f \sin \varphi$$

ёки

$$M = K\Phi_1\Phi_2 f \sin(\Phi_1\Phi_2). \quad (3.16)$$

(3.16) ифодадан қуйидагича хulosha чиқариш мумкин:

- индукцион система асбобларида айланувчи момент ҳосил қилиш учун бир-биридан φ бурчакка силжиган икки магнит оқими бўлиши шарт.
- индукцион асбобнинг кўрсатиши ток частотаси f га боғлиқ;
- оқимлар орасидаги силжиш бурчаги 90^0 га teng бўлса, момент энг катта қийматга teng бўлиши керак.

Одатда электромагнитлардан I_1 ва I_2 токлар ўтганда Φ_1 ва Φ_2 оқимлар ҳосил бўлади. Шунинг учун (3.16) да Φ_1 ва Φ_2 ларни I_1 ва I_2 орқали олиш мақсадга мувофиқ бўлади:

$$M = C I_1 I_2 f \sin(I_1 \cdot I_2) \quad (3.17)$$

Бу ерда f — ток частотаси.

C — асбобнинг константаси.

Амалда I_1 ток Φ_1 оқимини I_2 ток тармоқнинг U кучланишига пропорционал бўлган Φ_2 магнит оқимини уйғотгани учун (3.17) ифода қуйидагича ёзилади:

$$M = C_1 I U \cos \varphi = C_1 P. \quad (3.18)$$

Диск б тормозловчи магнит майдонида айланганда уюрма ток ҳосил бўлиб, бу ток ўша магнит майдони билан ўзаро таъсирлашади, натижада счётчик дискининг айланиш тезлиги n га пропорционал бўлган тормозловчи момент юзага келади;

$$M_t = C_2 n \quad (3.19)$$

Ўзгармас нагруззакага счётчикнинг ўзгармас айланиш тезлиги мос келади, чунки бундай шароитда айлантирувчи ва тормозловчи моментлар teng бўлади:

$$M = M_t$$

демак,

$$C_1 P = C_2 n$$

Бундан қуийдаги ҳосил бўлади:

$$P = \frac{C_2}{C_1} \cdot n = K n.$$

Демак, счётчикнинг айланиш тёзлиги истеъмолчининг қувватига пропорционал экан.

Истеъмолчининг қуввати P бўлса, t вақт ичида у сарфланган энергия қуийдагига тенг бўлади:

$$W = P \cdot t = C n t = C N \quad (3.20)$$

Шундай қилиб, сарфланган энергия счётчик дискининг айланишлари сони N га пропорционал бўлар экан.

Счётчик константаси деб аталувчи K коэффициент қуийдагига тенг:

$$K = \frac{W}{N} \quad (3.21)$$

К коэффициентнинг сон қиймати счётчик дискининг бир айланиши ичида тармоқда сарфланган энергия миқдорига тенг.

Сарфланган энергия ҳисоблаш механизми (59-расм, а.) ёрдамида ҳисобланади. Бу механизм счётчик ўқига ўрнатилган червякли узатма В ёрдамида ҳаракатга келтирилади. Дискининг ҳаракати ён сиртларига 0 дан 9 гача рақамлар ёзилган бешта роликка узатилиб турилади. Роликлар А ўқса эркин кийдириб қўйилади. Роликларнинг бири, масалан, 1 шестерняга туташган бўлиб, счётчик диски ҳаракатланганда узуулуксиз айланиб туради. Бу ролик бир айланганда иккинчи роликни $1/10$ қисмга айлантиради. Роликлар алюминий тўсиқ билан ихоталанган бўлиб, ундаги тешикдан ҳар бир роликнинг фақат биттадан рақами кўриниб туради. Ана шу тўсиқдаги тешикда ўқилган сон счётчик нол рақамни кўрсатган пайтдан бошлаб ўтган вақт ичида қайд қилинган энергиянинг миқдорини кўрсатади.

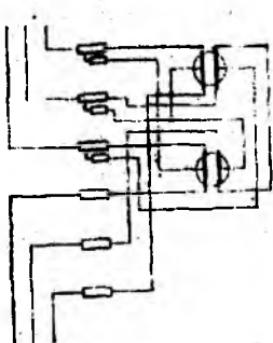
Бирор вақт давомида сарфланган энергияни аниқлаш учун ўлчаш охирида счётчик кўрсатган рақамдан дастлаб кўрсатган рақамни айриб ташлаш керак.

3.7. УЧ ФАЗАЛИ СЧЁТЧИК

Уч фазали ток занжирларындағы электр энергияни ўлчашда уч элементли счётчик ишлатилади. Бу счётчида бир фазалы счётчиқдагига ўхшаш электромагнит системадан утаси бўлади. Улар битта ўқса жойлашган 2 та дискка таъсир кўрсатади. Счётчиқда битта ҳисоблаш механизми бор. Уч элементли счётчикин занжирга уч элементли ваттметр сингари уланади.

Уч фазали, уч симли занжирдаги энергияни ўлчаш учун икки элементли, икки дискли ёки бир дискли счётчиклар ишлатилади (60-расм).

Уч фазали токнинг реактив энергияси реактив счётчиклар ёрдамида ўлчанади (61-расм, а). У икки элементли индукцион



а)

61-расм

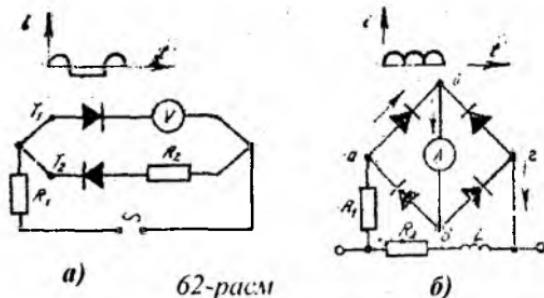


б)

счётчик бўлиб, кетма-кет электромагнитларнинг ҳар бирда иккитадан ўрами бўлади. Бу ўрамлар ўзакларда катталик ва фазаси бўйича параллел электромагнитларнинг оқимлари билан биргалиқда реактив қувватга пропорционал бўлган айлантирувчи моментни вужудга келтирувчи магнит оқими ҳосил қиласди. Ҳисоблаш механизми реактив энергияни ҳисоблайди. 61-расм, б да уч фазали счётчикнинг ташқи кўриниши тасвириланган.

3.8. ДЕТЕКТОРЛИ АСБОБЛАР

Детекторли асбоблар магнитоэлектрик ўлчаш механизми ва бир ярим даврли ёки икки ярим даврли ярим ўтказгичли түғрилагичлардан иборат бўлади (62-расм, а,б).



уланади (62-расм, а). Икки ярим даврли түғрилашда кўприк схемадан фойдаланилади (62-расм, б).

Ток биринчи ярим давр ичида а-б-в-г йўл билан ўтади, иккинчи ярим давр ичида эса г-б-в-а йўл билан ўтади. Демак, ўлчаш механизми орқали ўзгарувчан токнинг ҳар бир ярим даври ичида бир томонга йўналган ток ўтади.

Асбобнинг айлантирувчи моменти ва ҳаракатчан қисмининг бурилиш бурчаги ўртача ток миқдорига боғлиқ бўлади. бу эса синусоидал ток учун токнинг эфектив қийматига пропорционалдир. Амперметрларнинг шкаласига токнинг худди шу қиймати ёзилади.

Детекторли асбоблардан ток кучи ва кучланишни ўлчашга имкон берадиган амперметрлар ва вольтметрлар ясалади.

Детекторли амперметрлар ҳамда вольтметрларнинг аниқлик класси 1,5 – 2 бўлади. Улар асосан 10 – 15 кГц га қадар юқори частотали ўзгарувчан ток занжирида ишлатилади.

Детекторли асбоблар ўзгарувчан ток ва кучланишни ўлчашда ва комбинациялаштирилган асбоб – авометрларда қенг қўлланилади.

Түғрилагичлар ўзгарувчан токни пульсацияланувчи токка айлантиради, асбоб худди шу токни ўлчайди. Токнинг ҳар икки йўналишида асбобга параллел қилиб қаршилик түғрилагич билан бирга

3.9. ТЕРМОЭЛЕКТРИК АСБОБЛАР

Термоэлектрик асбоблар юқори частотали ўзгарувчан токларни ўлчашда кент құлланилади (63-расм).

Бундай типдаги асбобнинг ишлаш принципи ўтказгичдан ток ўтганда иссиқлик ажралишига ҳамда иситилганда термопара кавшарида ўзгармас ЭЮК ҳосил бўлишига асосланган.

Термопаранинг кавшарланган иш учлари ток ўтадиган тола 4 га кавшарланади, эркин учлари эса электр ўлчаш асбобига уланади.

Термопаранинг кавшарланган учлари қизиганда эркин учларида термо ЭЮК деб аталувчи потенциаллар фарқи ҳосил бўлади. Термо ЭЮК термопаранинг иш ва эркин учлари орасидаги температуralар фарқига, эркин учларининг температураси ўзгармас бўлса, унинг иш учининг температурасига боғлиқ бўлади.

ав (тола 4) орқали ўзгарувчан ток ўтса, кавшарланган нуқта 3 қизийди ва унинг эркин учлари 2 да термо ЭЮК ҳосил бўлади. Бу ток магнитоэлектрик асбобнинг стрелкасини маълум бурчакка буради.

Кавшарланган учининг температураси токнинг квадратига тўғри пропорционал бўлади, яъни

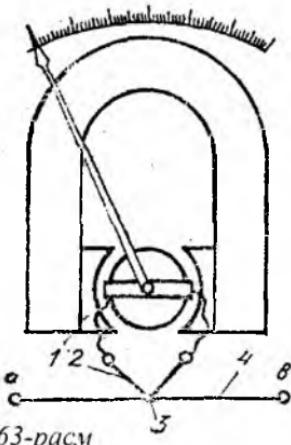
$$T = kI^2$$

Кавшарланган учининг қизиши ток турига боғлиқ эмас, шунинг учун термоэлектрик асбоб билан ўзгармас ҳамда ҳар қандай частотадаги ўзгарувчан токларни ўлчаш мумкин.

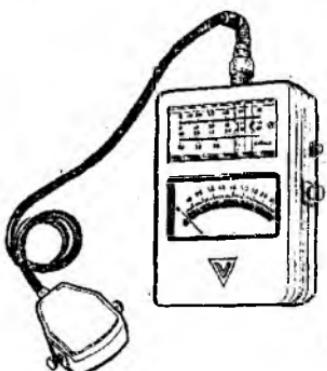
Термоэлектрик системадаги амперметрлар ва вольтметрлар ток кучи ва кучланишнинг эффектив қийматини ўлчайди. Асбобларнинг шкаласига ток ва кучланишнинг эффектив қийматлари ёзилган бўлади.

Термоэлектрик

асбобларнинг



63-расм



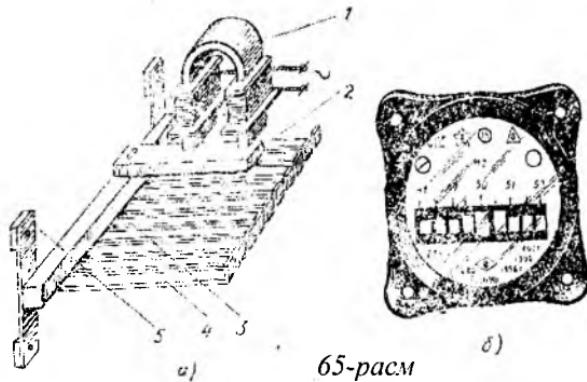
64-расм

сезгирилиги юқори бўлади. 64-расмда кўрсатилган термомиллиамперметрнинг ташқи кўриниши тасвиранганди.

3.10. ВИБРАЦИОН АСБОБЛАР

Вибрацион система асбоблари ўзгарувчан ток частотасини ўлчашда ишлатилади.

Вибрацион частотометрнинг ишлаш принципи электромагнитизм ва механик резонанс ҳодисаларидан фойдаланишга асосланган. Тебранма ҳаракат қиласиган ҳар қандай механик система аниқ хусусий тебранишлар частотасига эга бўлади. Тебранишларнинг хусусий частотаси системанинг масса ва эластиклиги билан аниқланади. Резонанс вақтида, яъни система тебранишининг хусусий частотаси ва ташқи манба тебранишлари мос бўлганда шу механик системанинг тебраниш амплитудаси катталашади. Бу хоссадан вибрацион система ўлчаш асбобларида кенг фойдаланилади.



65-расм

Вибрацион частотометр (65-расм, а.) электромагнит 1, тўсинча 3 га ўднатилган пўлат якорь 2 ва турли узуунликдаги ёки оғирликдаги бир нечта вибраторлардан тузилади. Вибраторларнинг учи тўғри бурчакли қилиб букилиб, оқ бўёқча бўялган ва частотометр шкаласидаги горизонтал тирқишга жойлаштирилган бўлади. Тўсинча 3 пластинкасимон пружина 5 га маҳкамланган бўлиб, бу пружина механик системанинг оз бўлса ҳам ҳаракатланишини таъминлайди.

Агар электромагнит чулғамидан ўзгарувчан ток ўтказилса, унда якорь 2 вақтнинг ток энг катта қийматига эришган пайтларда, яъни бир давр ичida икки марта қутбларга кучлироқ тортилади. Якорнинг тебраниши вибраторларга узатилади. Тебранишларнинг хусусий частотаси якорь тебранишининг

частотасига тұғри келган вибратор энг катта амплитуда билан тебранади. Шкалада энг катта амплитуда билан тебранаёттан вибратор қаршисида турған рақам тармоқдаги ток частотасини күрсатади (65-расм, б).

Вибрацион системадаги құпчилик частотометрлар 45 дан 55 Гц гача бұлған частоталарни үлчашта мұлжалланған бўлади. Бироқ, анча юқори частоталарни үлчаш учун мұлжалланған (1550 – 1650 Гц) частотометрлар ҳам мавжуд.

Вибрацион системадаги асбобларнинг афзаллиги уларнинг күрсатишининг тармоқ кучланишига мос эмаслигидир.

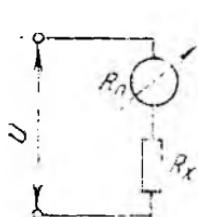
Күрсатишларининг механик тебранишларга боғлиқлиги, юқори частоталарни үлчаб бўлмаслиги, шкаласининг нотекислиги ва шу сабабли бир вақтда бир нечта вибраторлар тебранаётганда оралиқ частоталарни үлчаш қийинлиги бундай асбобларнинг камчилигидир.

3.11. МАГНИТОЭЛЕКТРИК ОММЕТР

Омметр ва мегометрлар асосан магнитоэлектрик система бўлиб, унинг стрелкаси ток кучига пропорционал равишда бурилади. Бурилиш бурчаги қуйндагига тенг:

$$\alpha = KI.$$

Асбоб номаълум қаршилик билан кетма-кет уланганда



бўлади (66-расм).

Демак,

$$I = \frac{U}{R_u + R_x}$$

$$\alpha = \frac{BSW}{K} \cdot \frac{U}{(R_u + R_x)}$$

66-расм

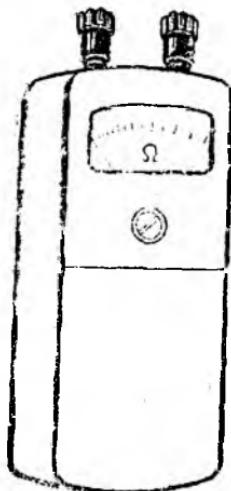
У кучланиш ўзгармай турса, гальвонометр қўзғалувчан қисмининг бурилиши номаълум қаршиликнинг функцияси бўлади, яъни

$$\alpha = f(R_x) \quad (3.22)$$

(3.9) формулага кўра, номаълум қаршилик чексиз катта бўлса, омметр стрелкаси ҳаракатсиз туради. Шунинг учун занжирга уланмаган омметр стрелакаси оғмай, шкаладаги чексиз ишорани күрсатади.

Номаълум қаршилик жуда кичик бўлса, асбобнинг қўзғалувчан қисми энг катта бурчакка оғади. Стрелка бутун шкалани босиб ўтиб 0 да тўхтайди.

Ток манбанинг кучланиши ўзгарганда ҳам $\frac{U}{K}$ нисбатни ўзгартирмай сақлаш учун К катталикни созлаш керак, бунда ўлчаш механизмининг тирқишидаги магнит индукцияни магнит шунти ёрдамида ўзгартириш билан эришилади. Магнит шунти винтни бураш йўли билан қутбларнинг N, S бошмоқларига яқинлаштирилиб ёки улардан узоқлаштирилиб туриладиган темир тахтачадир.

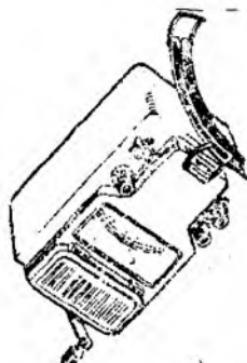


a)



б)

67-расм



в)

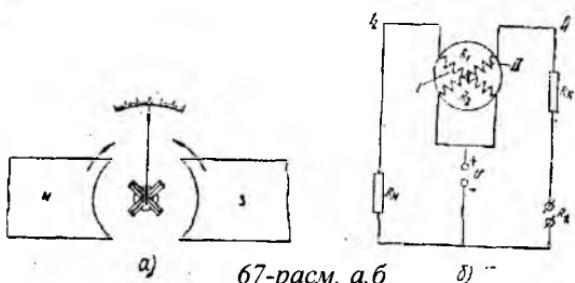
К катталикни созлаш учун батарея билан R_x қаршилик уланганда омметрнинг стрелкаси шкаладаги нолга келгунча магнит шунтининг вазияти ўзгартириб борилади. Сўнгра шкаладан ўлчанаётган катталикнинг қиймати топилади.

Ўлчанаётган R_x қаршилик ўлчаш механизмига параллел уланади. R_x ўзгармас бўлиб, $\frac{U}{K}$ нисбат ўзгармаса ҳам, асбоб қўзғалувчан қисмининг бурилиш бурчаги ўлчанаётган қаршилика бир қийматли боғлиқ бўлишини исбот қилиш мумкин. 66-расм а, б, в ларда омметрларнинг ва монометрларнинг ташқи қўринишлари тасвириланган.

3.12. ЛОГОМЕТРЛАР

Омметрлар баъзан икки чулғамли қилиб ишланади. Уларнинг қўзғалувчан қисмининг вазияти ток ёки кучланиш каттагилигига қараб эмас, балки асбобнинг икки айрим чулғамидан ўтган турли токларнинг нисбати билан белгиланади. Бундай асбоблар логометрлар деб юритилади.

67-расм, а, б да магнитоэлектрик системадаги логометрларнинг тузилиши ва уланиш схемаси кўрсатилган. Логометрларнинг бир-бирига нисбатан 90^0 бурчак ҳосил қилиб, умумий бир ўқقا ўрнатилган икки чулғамли ҳаракатчан қисми ўзгармас магнит майдонида ҳаракат қиласди.



67-расм, а, б

ҳаракат қиласди. Бу ҳолда айлантирувчи ҳосил бўлади, яъни

$$M_1 = K_1 F_1(\alpha) I_1,$$

$$M_2 = K_2 F_2(\alpha) I_2$$

бу ерда $K_1 = S_1 \omega_1$, $K_2 = S_2 \omega_2$ ва $F_1(\alpha)$, $F_2(\alpha)$ I ва II рамкалардаги индукциянинг ўзгариш функцияси: M_1 ва M_2 моментлар teng бўлса, асбоб шкаласи мувозанат ҳолатда бўлади:

$$K_1 F_1(\alpha) I_1 = K_2 F_2(\alpha) I_2$$

бундан

$$\frac{F_1(\alpha)}{F_2(\alpha)} = \frac{K_2}{K_1} \cdot \frac{I_2}{I_1}$$

Бунда

$$\frac{F_1(\alpha)}{F_2(\alpha)} = F_3(\alpha) \quad \text{ва} \quad \frac{K_2}{K_1} = K \quad \text{деб белгилаб оламиз.}$$

Рамкалардаги (67-расм, а) чулғамлар орқали ток ўтганда рамкалардан бири қўзғалувчан қисмни бир томонга айлантиришга интилса, иккинчиси тескари томонга бурилишга моментлар M_1 ва M_2

У ҳолда

$$F_3(\alpha) = K \frac{I_2}{I_1} \quad (3.23)$$

(3.23) ифодани бундай ёзамиш:

$$\alpha = K \frac{I_2}{I_1} \quad (3.24)$$

(3.24) ифодадан күринаидики, логометр чулғамлардаги токлар нисбатини үлчар экан.

67-расм, а да I ва II логометрлардаги рамкалар чулғами, R_1 ва R_2 – логометр ғалтакларининг қаршиликлари, R_1 ва R_k – қўшимча қаршиликлар. Биринчи рамкадаги ток кучи

$$I_1 = \frac{U}{R_k + R_x + R_1} \quad (3.25)$$

Шунингдек, иккинчи рамкадаги ток

$$I_2 = \frac{U}{R_H + R_2} \quad (3.26)$$

(3.25) ва (3.26) ифодаларга асосан (3.24) ифодани бундай ёзиш мумкин:

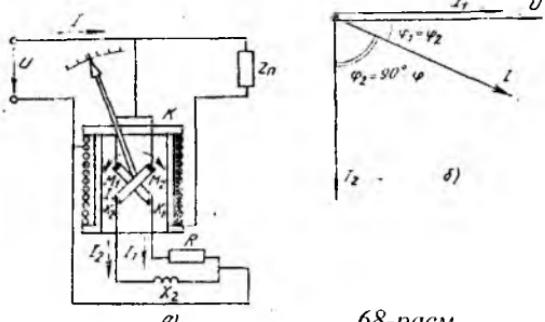
$$\alpha = K \left(\frac{R_H + R_2}{R_1 + R_k + R_x} \right) \quad (3.27)$$

Бурилиш бурчаги (3.27) ифодада ҳам (3.24) ифодадагидек кучланишга боғлиқ эмас.

3.13. ФАЗОМЕТР

Ўзгарувчан токнинг қувват коэффициенти $\cos\varphi$ ни ток кучи I, кучланиш U ва қувват P ни үлчаш йўли билан топиш мумкин.

Нагрузкалар симметрик бўлганда уч фазали токда $\cos\varphi$ қиймати икки ваттметрнинг кўрсатиши ёрдамида аниқланади. Лекин бу усул маълум вақт талаб этади ва ҳамма вақт ҳам қулай бўлавермайди. Қувват коэффициентини үлчаш учун фазометр деб аталувчи асбобдан фойдаланилади.



68-расм

(68-расм, а). 68-расм, б да фазометрнинг вектор диаграммаси тасвирланган.

Құзғалмас ғалтакка Z_n нагружка кетма-кет уланади. Бу ғалтакдаги I ток U күчланишдан фаза бүйича φ бурчакка силжиған бўлади. Құзғалувчан K_1 ғалтакка кетма-кет қилиб актив қаршилик, K_2 ғалтакка эса кетма-кет қилиб индуктив қаршилик уланган.

Құзғалувчан ғалтаклар (K_1, K_2) қўшимча қаршилик билан ўзгарувчан ток тармоғига параллел уланади. K_1 ғалтакдаги I_1 ток күчланиш билан фаза бүйича бир хил, K_2 ғалтакдаги I_2 күчланиш U дан 90° бурчакка кечикади (68-расм, б). К құзғалмас ғалтакдан I ва K_1, K_2 ғалтаклардан ўтаётған I_1 ва I_2 токлар айланувчи икки момент ҳосил қиласи:

$$M_1 = C_1 I_1 \cos \varphi_1 F_1(\alpha) = C_1 I_1 \cos \varphi F_1(\alpha)$$

$$M_2 = C_2 I_2 \cos \varphi_2 F_2(\alpha) = C_2 I_2 \cos \varphi F_2(\alpha) \quad (3.28)$$

бу ерда $\varphi_1 = I_1$ ва I_2 токларнинг фаза силжиши $\varphi_2 = 90^\circ - \varphi$ – I_2 ва I_2 токларнинг фаза силжиши. C_1 ва C_2 – пропорционаллик коэффициентлари. M_1 ва M_2 бўлганда

$$\frac{F_1(\alpha)}{F_2(\alpha)} = F(\alpha) = \frac{C_2 I_2 \sin \varphi}{C_1 I_1 \cos \varphi} = C \operatorname{tg} \varphi \quad (3.29)$$

Электродинамик фазометрнинг ўлчаш механизми иккى K_1 ва K_2 қўзғалувчан ва K қўзғалмас ғалтаклардан иборат бўлган логометрdir. қўзғалувчан ғалтаклар бир ўққа стрелка билан бирга ўрнатилади.

бундан

$$L = \Phi(\varphi)$$

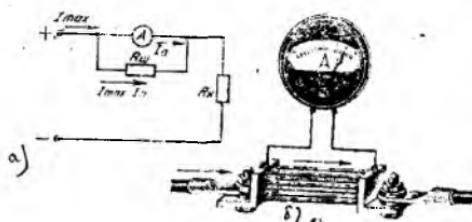
бўлади. K_1 ва K_2 ғалтакларнинг қаршиликлари ўзгармас бўлганда $\frac{I_1}{I_2}$ нисбати ҳам ўзгармас бўлади.

Шундай қилиб, асбобнинг қўзғалувчан қисмининг бурилиш бурчаги фақат текширилаётган занжирнинг фазасига боғлиқ, фазометрнинг шкаласи $\cos\varphi$ қийматлари бўйича градусларга бўлинган бўлади.

3.14. ТОК ВА КУЧЛАНИШНИ ЎЛЧАШ

А) ТОКНИ ЎЛЧАШ. Токни ўлчаш учун амперметрлар ишлатилади. Амперметрнинг кўрсатиши унинг ўлчаш механизми орқали ўтаётган ток билан белгиланади. Шунинг учун амперметр занжирга кетма-кет уланади. Занжирга амперметр уланганда токнинг қиймати ўзгармаслиги учун асбоб чулғами бир неча

ўрамдан иборат бўлган йўғон симлардан қилинади. Агар ўлчанаётган ток катта бўлса, амперметрга шунт уланади (69-расм, а) R_{sh} шунт қуйидаги муносабатдан топилади:



69-расм

$$\frac{R_{sh}}{R_a} = \frac{I_a}{I_x - I_a}, \quad (3.30)$$

бу ерда

I_x — ўлчаниши зарур бўлган ток кучи,

I_a — асбобни шунтсиз ўлчай оладиган токи,

(3.30) ифодадан

$$R_{sh} = R_a \frac{I_a}{I_x - I_a}. \quad (3.31)$$

Юкламадаги I токни ўлчаш зарур бўлса, (3.30) ифодага кўра токларнинг нисбати қўйидагича бўлади:

$$\frac{I}{I_a} = \frac{I_x}{I_a} = \frac{R_a + R_{sh}}{R_{sh}} = K;$$

бу ерда

$$I = K I_a,$$

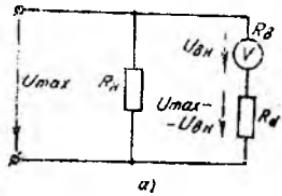
I_a — асбобнинг кўрсатиши.

Ўзгарувчан ток занжирида амперметрнинг ўлчаш чегарасини ошириш учун амперметрга шунт улаш 69-расм, а да тасвириланган.

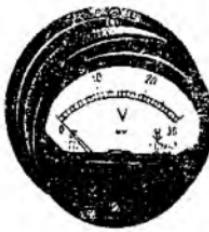
3.2-масала. Амперметр $I_a = 5\text{A}$ токни ўлчаш учун мўлжалланган бўлиб, унинг шкаласи 100 бўлакка бўлинган. Ўрамларнинг қаршилиги $R_a = 0,15 \Omega$. Амперметр билан $I_x = 30 \text{ A}$ токни ўлчаш учун унга қаршилиги қанча бўлган шунт керак? Ечиш. Шунт қаршилиги $R_{ш}$ қўйидагига тенг:

$$R_{ш} = R_a \frac{I_a}{I_x - I_a} = 0,15 \cdot \frac{5}{30 - 5} = 0,03 \Omega.$$

Ўзгарувчан ток занжирида амперметрнинг ўлчаш чегарасини ошириш учун ток трансформаторлари ишлатилади.



70-расм, а, б



жирга параллел уланади. (70-расм, а).

Вольтметр занжирга уланганда у ўлчанаётган қучланишга (занжирнинг иш режимига) таъсири кўрсатмаслиги учун унинг қаршилиги вольтметр параллел уланаётган истеъмолчининг (генераторнинг) қаршилигига нисбатан катта бўлиши керак. Вольтметрнинг қаршилиги r_v катта бўлганда, ундаги номинал ток I_{vh} кичик ва ундаги истроф бўладиган номинал қувват (P_{vh}) ҳам кичик бўлади, чунки

$$I_{vh} = \frac{U}{r_v} \quad \text{ва} \quad P_{vh} = \frac{U^2}{r_v}.$$

Ўлчаш механизмининг клеммаларидағи кучланиш

$$U = Ir.$$

Б) КУЧЛАНИШНИ ЎЛЧАШ. Вольтметрнинг кўрсатиши унинг клеммаларидағи кучланиш билан аниқланади. Шунинг учун кучланишни ўлчашда вольтметр зан-

Температура $10C^0$ га ўзгағанда ўлчаш механизмидаги мис чулғамнинг қаршилиги 4 фоиз ўзгарғанлиги учун U күчланиш I токка, демак, құзғалувчан қисменинг бурилиш бурчагига пропорционал бўлмайди. Шундай қилиб, күчланишни аниқ ўлчаш мумкин эмас.

Ўлчаш механизмига кетма-кет қилиб, температура коэффициенти нолга яқин бўлган, манганиндан ясалган катта қўшимча қаршилик ($r_k > r_y$) уласак, вольтметрнинг қаршилиги $r_v = r_y + r_k$ температурага деярли боғлиқ булмай қолади. Шундай қилиб, вольтметр қўзғалувчан қисменинг бурилиш бурчаги фақат тоқдагина эмас, клеммаларидағи күчланишга ҳам пропорционал бўлади:

$$U = I(r_y + r_k) = Ir_v = \text{const}$$

Одатда, қўшимча қаршилик ўлчаш механизмининг номинал күчланиши кичик бўлғанлиги сабабли вольтметрнинг номинал күчланишини орттириш учун ҳам ишлатилади.

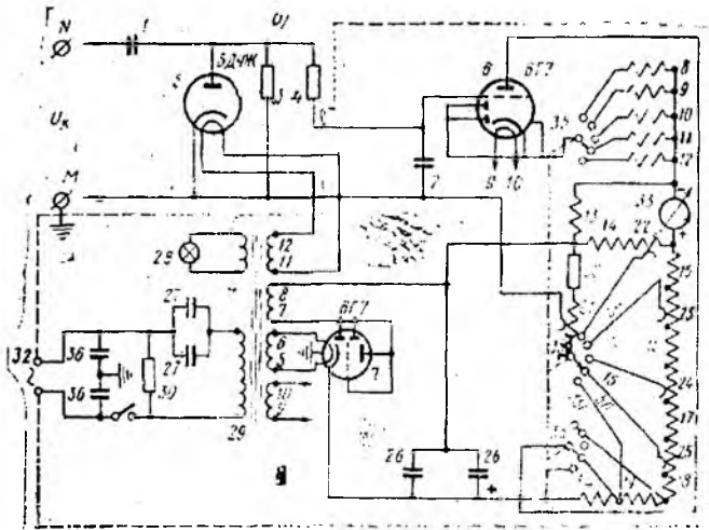
Юксак күчланишли ўзгарувчан ток занжирларидағи күчланишнинг чегараларини кенгайтириш учун қўшимча қаршилик билан бир қаторда күчланишни ўлчаш трансформаторлари ҳам ишлатилади.

Баён этилгандардан амперметр ва вольтметр фақат ўзларининг параметрлари билан фарқ қилувчи бир хил тузилишдаги механизмларга эга бўлиши мумкин, деган холоса чиқади. Бироқ, амперметр ва вольтметр ўлчанаётган занжирга турлича уланади ва турлича ички ўлчаш схемасига эга. 70-расм, б да магнитоэлектрик системадаги вольтметр кўрсатилган.

3.15. ЭЛЕКТРОН ВОЛЬТМЕТР

Электрон вольтметр электрон лампа ёки ярим ўтказгичли асбобдан тузилган бўлиб, ўлчаниши зарур бўлган күчланишни қайта ўзгартириш учун хизмат қилади.

Электрон вольтметр катта чиқиш қаршилигига, кучли сезирликка эга бўлган, күчланишни ўлчаш соҳаси катта бўлган одатдаги асбобдир. Асбоб кенг диапазонда – ўзгармас тоқдан бошлаб юзлаб мегогерцгача бўлган ўзгарувчан токларни ўлчай олади.



71-расм, а.

Унинг камчиликлари ўлчашдаги катта нисбий хатоси, стабил кучланиш зарурлиги, ўлчашдан аввал созланишидир. Электрон вольтметрнинг турли схемалари мавжуд. Буларнинг айримлари билан танишиб чиқамиз.

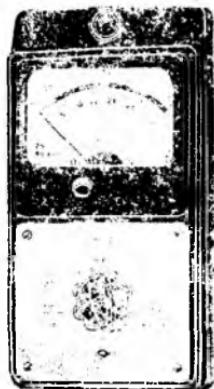
71-расм, а да тўғрилагич ва ўзгармас ток кучайтиргичидан тузилган электрон вольтметр таъсирланган.

Вольтметр тўғрилагич блоки билан кучайтиргичга уланган. Кириш кучланиши берилиши билан диод 5 занжиридаги конденсатор 1 зарядланади. Бу ҳолда диоддан тўғриланган ток ўтмайди, лампанинг аноди катодга нисбатан манфий бўлади. Диод катта қаршилик билан шунтланган. 1 ва 2 конденсаторлар катта разрядланишга эга бўлади. Тўғриланган ток кучланиш кучайтиргичига, фильтр орқали лампанинг бошқарувчи тўрига берилади. 8, 9, 10, 11, 12 қаршиликлар катод занжирида сезгирилларни ўзгартириш учун хизмат қиласи.

Лампа 6 тўридаги кучланиш катод занжиридаги манфий кучланиш тушуви ва 20, 21 қаршилиқдаги мусбат кучланиш потенциалини ўзгартириш билан бир вақтда лампадаги ток қиймати нолга tengлашганлигини ҳар қайси шкалада кўриш мумкин. 21 қаршилик тўрдаги кучланишни ўзгартириш учун хизмат қиласи. Шкала ўзгартиргичи бир вақтда катод занжирини

21 қаршиликка ва 6 лампа анодини анод кучланишининг турли бўлгичлари (14-22-15-23-16-24-17-25-18-19-34) билан улади. 22, 23, 24, 25 қаршиликлар тўр кучланишини бошқариш учун хизмат қиласди.

Микроамперметр 33 нинг манфий қутби 13 қаршиликка, мусбат қутби эса 22 қаршиликка уланган. Анод токининг камайиши билан микроамперметрнинг стрелкаси токка пропорционал равища оғади.



б) 71-расм. б

Трансформатор 29 нинг бешта иккиламчи ўрами бўлиб, ундан учтаси лампаларнинг катодини қиздиришга, бири тўғрилагичга, яна бири сигнал лампаси 28 учун хизмат қиласди. Тўғрилагич бир ярим даврли схема бўйича йифилган бўлиб, 6Г7 лампаси кенотрон сифатида ишлайди. 27, 27 конденсаторлар трансформаторнинг бирламчи ўрамида кетма-кет резонанс ҳосил қилишга ёрдам беради. 30 қаршилик занжир узилгандан кейин конденсаторларнинг разрядланишига хизмат қиласди. 26, 26 конденсаторлар юқори частотали халақитларни йўқотади.

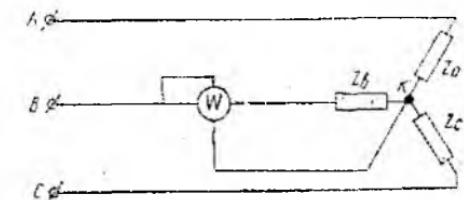
71-расм. б да электрон вольтметрнинг ташқи кўринини тасвириланган

3.16. УЧ ФАЗАЛИ ТОК ЗАНЖИРИДА АКТИВ ВА РЕАКТИВ ҚУВВАТНИ ЎЛЧАШ

Уч фазали ток системасида қувватни ўлчаш учун ваттметрни улаш схемалари турлича бўлади.

Агар нагрузкалар симметрик бўлса, унинг актив қувватини битта ваттметр билан ўлчаш мумкин (72-расм).

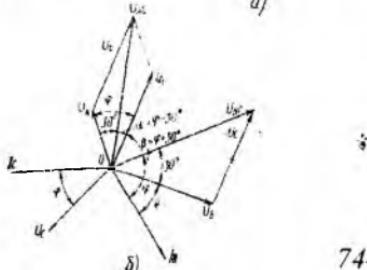
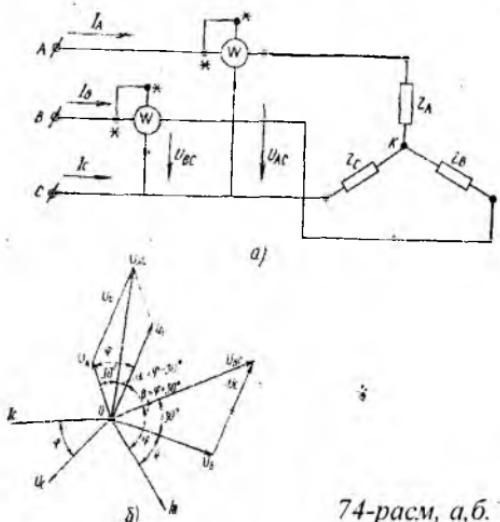
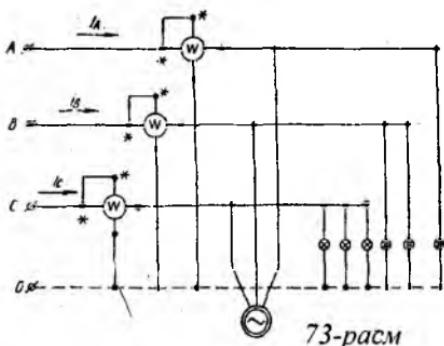
Умумий қувват



72-расм

$$P = 3W \quad (3.32)$$

бу ерда W — ваттметрнинг кўрсатиши.



Агар уч фазали ток системасида нагрузкалар симметрик бўлмаса, унинг қуввати учта ваттметр ёрдамида ўлчанади. Бунда уларнинг ҳар бир ишларниң қувватини ўлчайдиган қилиб уланади (73-расм).

Бунда умумий қувват $P = W_A + W_B + W_c = I_a U_a \cos \varphi_a + I_B U_B \cos \varphi_B + I_c U_c \cos \varphi_c$ (3.33) яъни умумий қувват ҳар қайси ваттметр кўрсатган қувватларнинг йиғинди-сига тенг бўлади.

Нагрузкалари симметрик ёки асимметрик бўлган уч фазали, уч симли занжирнинг қуввати икки ваттметр ёрдамида ўлчанади (74-расм, а).

Уч фазали занжирнинг актив қуввати P оний қувватларнинг йиғинди-сига тенг:

$$P = i_A U_A + i_B U_B + i_c U_c.$$

Истеъмолчининг К нуқтаси учун қуийдагича ёзиш мумкин:

$$i_A + i_B + i_c = 0,$$

бундан

$$i_c = - (i_A + i_B)$$

i_c қийматни P нинг ифодасига қўйиб, қуийдагини ҳосил қиласиз:

$$\begin{aligned} P &= i_A U_A + i_B U_B - (i_A + i_B) U_c = i_A (U_A - U_c) + i_B (U_B - U_c) = \\ &= i_A U_A + i_B U_B + \dots \end{aligned} \quad (3.34)$$

(3.34.) ифодага ўзгаруучан ток ва кучланишинг эффектив қийматини табиқ этиб, ўртача қувватни қуидагича ёзиш мүмкін:

$$P = I_A U_A \cos(\overbrace{I_A U_A}) + I_B U_{Bc} \cos(\overbrace{I_B U_{Bc}}) = W_1 + W_2 \quad (3.35)$$

Демак, икки ваттметрнинг кўрсатиши ҳақиқаттан ҳам, уч фазали токнинг актив қувватига тенг экан.

Уч фазали токнинг уч симли системасида истеъмолчилар ҳар қандай усуlda уланса ҳам $i_A + i_B + i_c = 0$ муносабат сақланадиган ҳар қандай ҳолда икки ваттметр схемасидан фойдаланса бўлади.

Симметрик нагрузкада $I_A = I_B = I_c = I_A$; $U_{AC} = U_{BC} = U_A$ бўлади. 74-расм, б даги векторлар диаграммасидан I_A ва U_{AC} векторлар орасидаги $\alpha = \varphi - 30^\circ$, шунингдек, I_B ва U_{BC} векторлар орасидаги бурчак $\beta = \varphi + 30^\circ$ эканлигини топамиз.

Ваттметрлар кўрсатишининг кўрилаётган ҳоли учун қуидаги ифодаларни ёзиш мүмкін:

$$\begin{aligned} W_1 &= I_A U_A \cos(\varphi - 30^\circ), \\ W_2 &= I_A U_A \cos(\varphi + 30^\circ) \end{aligned} \quad (3.36)$$

Ваттметрлар кўрсатишларининг йифиндиси

$$W_1 + W_2 = I_A U_A [\cos(\varphi - 30^\circ) + \cos(\varphi + 30^\circ)] = \sqrt{3} I_A U_A \cos \varphi \quad (3.37)$$

Ваттметрлар кўрсатишининг айрмаси уч фазали токнинг симметрик системасида реактив қувватни аниқлашга имкон беради:

$$\begin{aligned} W_1 - W_2 &= I_A U_A [\cos(\varphi - 30^\circ) - \cos(\varphi + 30^\circ)] = \\ &= I_A U_A \sin \varphi = \frac{Q}{\sqrt{3}}. \end{aligned} \quad (3.38)$$

Бундан

$$Q = (W_1 - W_2) \sqrt{3} \quad (3.39)$$

Нагрузкалар симметрик бўлганда ($\varphi = 0$) икки ваттметрнинг кўрсатиши бир хил бўлади.

Аралаш симметрик нагрузкада ($\varphi > 60^\circ$) ваттметрлардан бирининг кўрсатиши манфий бўлади.

Симметрик нагрұзқада уч фазалы системаның реактив қувватини биттә ваттметр билан үлчаш мүмкін. Ваттметр күрсатишини $\sqrt{3}$ да құпайтирилса, реактив қувват келиб чиқады.

3.17. НОЭЛЕКТРИК КАТТАЛИКЛАРНИ ЭЛЕКТРИК ҮЛЧАШ

Кейинги йилларда ноэлектрик катталикларни электрик усул билан үлчашда үлчаш техникасыдан кеңг фойдаланилмоқда.

Күлгина ҳолларда ноэлектрик катталикларни үлчаш учун ноэлектрик катталик унга боғлиқ бүлган электрик катталика айлантирилади ва уни үлчаш орқали ноэлектрик катталик үлчанади.

Ноэлектрик катталикин электр катталика айлантирадиган үлчаш қурилмасынинг элементи үзгартыргич ёки датчик деб аталади.

Датчик иккисінен гурухға бүлинади:

1) Ноэлектрик катталикин R, L, C ва M электрик параметрлерден бирортасыга айлантирувчи параметрик үзгартыргичлар;

2) Ноэлектрик катталикин ЭЮК га айлантирувчи генераторлы үзгартыргичлар.

Баъзи параметрик үзгартыргичлар қуийдагича ишлайды:

1) реостатлы үзгартыргичларда үлчанадиган ноэлектрик катталик унинг ҳаракатчан контактика (движогига) таъсир күрсатиб, унинг вазиятини, бинобарин, реостатнинг қаршилигини үзгартыради;

2) термо қаршиликли үзгартыргичларнинг иши сим ва ярим үтказгичлар қаршилигининг температурага боғлиқлігін асосланған;

3) симдік үзгартыргичларнинг иш принципи сим деформацияланғанда унинг қаршилиги үзгаришига асосланған;

4) электролитик үзгартыргичларнинг иши электролит зеритмасынинг электр қаршилиги, унинг концентрацияси үзгаришига асосланған;

5) индуктив үзгартыргичларда датчик бирор қисмининг үлчанаёттан катталик таъсирида үзгариши үзгартыргичнинг индуктивлігі билан боғлиқ бўлади;

6) магнитоэластик үзгартыргичлар – ферромагнит үзаги магнит киритувчанининг үзакка таъсир күрсатувчи механикавий кучланишларга боғлиқлігидан механикавий катталикларни үлчашда ишлатилади;

7) сифимли үзгартыргичлар датчик сифимининг күч, босим, чизиқли силжиш, бурилиш бурчаги, модда миқдори, намлик таъсирида үзгаришига асосан шу катталикларни үлчашда фойдаланилади;

8) фотоэлектрик үзгартыргичлар – фототок ҳосил қилиш ёки частоталари үлчанаёттан катталика боғлиқ бўлган импульслари фототок ҳосил қилиб, чизиқли үлчамларни, температурани, суюқликнинг ҳамда газли муҳитнинг шаффоғлигини ва хирайлигини үлчашда қўлланилади;

9) ионизацион ўзгартиргичлар – ионловчи токнинг бир қатор факторларга боғлиқлигидан газни анализ қилиш ва унинг зичлигини аниқлаш, буюмларнинг геометрик ўлчамларини билишда кўлланилади;

Генераторли ўзгартиргичлар ишлаш принципига кўра уч гурухга бўлинади:

1. Термоэлектрик ўзгартиргичлар – бунда термо ЭЮК нинг вужудга келиши ва унинг температурага боғлиқлигидан температурани ўлчаща фойдаланилади.

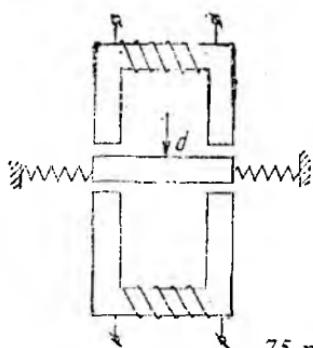
2. Индукцион ўзгартиргичлардан ўлчанаётган ноэлектрик катталикин индукцияланган ЭЮК га айлантириб, тезлик, чизиқли ва бурчакли силжишларни ўлчаща фойдаланилади.

3. Пъезоэлектрик ўзгартиргичлар – механикавий куч таъсирида ЭЮК вужудга келиш ҳодисасидан фойдаланиб, босимни ва буюмларнинг геометрик ўлчамларини ўлчаща қўлланилади.

Биз қўида ўзгартиргичларнинг баъзилари ҳақида тўхтаб ўтамиз.

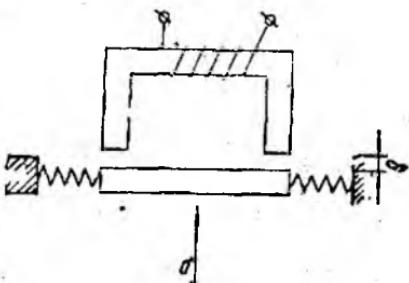
3.18. ИНДУКТИВ ЎЗГАРТИРГИЧЛАР

Индуктив ўзгартиргич якори ўлчаётган механикавий катталик P : куч, босим, чизиқли силжиш таъсирида ҳаракатланадиган электромагнитdir (75-расм). Якорнинг вазияти δ катталикка ўзгарганда (ҳаво тирқиши) электромагнит фалтагининг индуктивлиги ва унинг тўла қаршилиги ўзгаради.

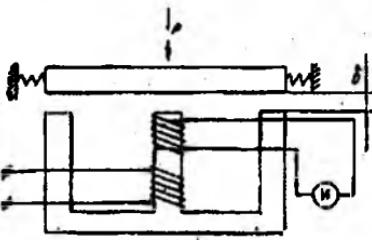


75-расм

Дифференциал ўзгартиргичда эса (76-расм) якорь силжиганда у бир фалтакнинг индуктивлигини орттирса, иккинчи фалтакнинг индуктивлигини камайтиради; натижада ўзгартиргичнинг сезгирилги ошади. Ўлчаш кўпригининг қўшни елкаларига иккита фалтак уланса, температура компенсацияси ҳосил бўлади.



76-расм



77-расм

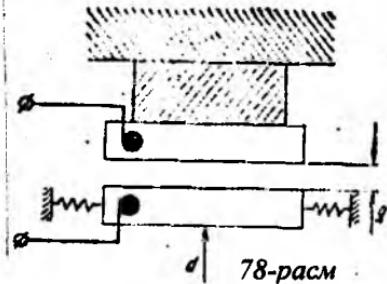
вольтметр уланган иккиламчи чулғамни кесиб ўтувчи магнит оқими ҳам ўзгарида. Шундай қилиб, иккиламчи индукцияланган ЭЮК ва вольтметрнинг кўрсатишлари ўлчанаётган катталика боғлиқ бўлади, яъни

$$E_2 = U_2 = f(p).$$

3.19. СИГИМЛИ ЎЗГАРТИРГИЧЛАР

Сигимли ўзгартиргич ўлчанаётган ноэлектрик катталик таъсирида сигими ўзгарадиган конденсатордир.

Конденсаторнинг сигими электродларнинг юзига, уларнинг ўлчамига, улар орасидаги масофа (δ) га, шунингдек диэлектрикнинг ўлчамларига ва унинг киритувчанилигига боғлиқ. Сигимли ўзгартиргичлардан R, L, C параметрлардан бирортасига таъсир кўрсатадиган ноэлектрик катталикларни ўлчаща фойдаланилади.



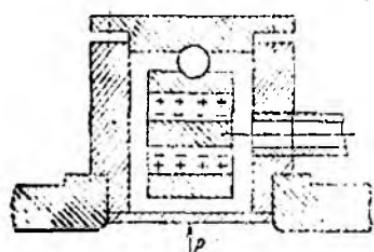
78-расм

Сигимли манометрлар ва динамометрларда ўлчанаётган босим Р ёки F куч таъсирида конденсаторларнинг иккита қопламалари орасидаги ҳаво тирқиши (δ) ўзгарида (78-расм).

Доннинг, порошокнинг, толанинг ва калаванинг намлигини ўлчаш учун ишлатиладиган ўзгартиргич цилиндрик конденсатордан иборат (79-расм). Ички электрод цилиндрик стержен шаклида, ички бўшилик мельум баландликкача текширилаётган материал билан тўлдирилади. Бу материалдаги намлик сувнинг диэлектрик киритувчанилиги катта бўлганлиги учун сифимни кескин ошириб юборади.

Сифимли ўзгартиргичларнинг сифими жуда кичик бўлганлиги сабабли уларнинг сифими юқори ёки юксак частотада электрон кучайтиргичлар ёрдамида ўлчанади.

3.20. ПЬЕЗОЭЛЕКТРИК ЎЗГАРТИРГИЧЛАР

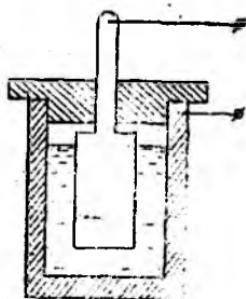


79-расм

- Бундай ўзгартиргичларда фойдаланиладиган пьезоэлектрик эффект баъзи кристаллик диэлектрикларнинг сиртида механикавий кучланишлар ёки деформациялар таъсирида электр зарядлар ҳосил бўлишидан иборат.

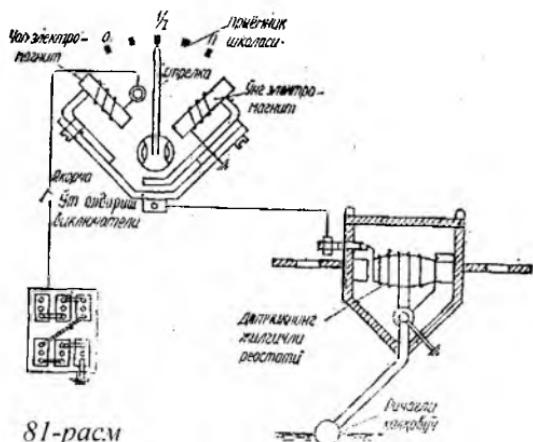
80-расм Ўлчанаёттан босим Р ўзгартиргич корпусининг мембраннысига (тубига) таъсир қиласи (80-расм). Диэлектрик кварцнинг иккита пластинкаси учта металл қатлам орасига олиб қисилган. Юқориги металл қатлами билан корпус қопқоғи орасида шарча бор, у ўлчанаёттан босимнинг текис тақсимланишини таъминлайди. Ўртадаги қатламга корпусдан изоляцияланган втулка орқали сим уланган.

Манфий электрод билан корпус орасидаги потенциаллар айирмаси босим Р га пропорционал бўлиб, худди шу босим потенциаллар айирмаси билан аниқланади.



79-расм

3.21. БАҚДАГИ ЁНИЛГИ САТҲИ КЎРСАТКИЧИ



81-расм

Ёнилги сатҳи кўрсаткичи (81-расм) ёнилги бакига жойлаштирилган датчик ва автомобилнинг асбоблар шцитига ўрнатилган приёмнидан иборат. Датчик жилгичли реостат ва ричагли қалқовучдан иборат. Реостат бақнинг сиртига, ричагли қалқовуч эса бақнинг ичига жойлаштирилган.

Приёмник фалтаклари

ўзаро кетма-кет уланган иккита электромагнит, стрелкали якорча ва шкаладан иборат. Ўнг электромагнитнинг чулғамига параллел қилиб датчик уланган.

Чап электромагнит фалтагининг бир учи ўт олдириш включатели орқали ток манбаига уланган; иккинчи учи эса «масса»га бириктирилган.

Асбоб ишга солинганда, агар бақда ёнилги бўлмаса, қалқовуч пастта тушади ва реостат қаршилиги узуқ бўлади. Ток приёмникка фақат чап электромагнит фалтаги орқали ўтади, чунки ўнг электромагнит чулғами реостат жилгичи орқали «масса»га қисқа қилиб уланган бўлади. Чап электромагнит якорчани ўзига тортади ва стрелка шкаланинг ноль даражаси томонига оғади. Бақ тўла бўлганда қалқовуч ёнилги бетига қалқиб чиқади ва реостат қаршилигини улади, натижада ток иккала электромагнит фалтаги орқали ўтиб, фалтакларнинг магнит майдонлари ўзаро таъсирашади ва якорчани стрелкаси билан бирга тўла бақ белгиси томонга буради.

Қалқовучнинг ўртача вазиятларида ўнг ва чап электромагнитларнинг магнит майдонлари ўзгаради. Шунга яраша якорчанинг вазияти ва шунга биноан, приёмник стрелкасининг ҳам вазияти ўзгаради.

Такрорлаш учун саволлар

1. Электр ўлчаш деб нимага айтилади?
2. Электр ўлчов асбоблари қандай белгиларига қараб турларга бўлинади?
3. Электр ўлчов асбоби шкаласининг бўлинмаси қиймати деганда нима тушунилади?
4. Ўзгарувчан ток занжирида электромагнит амперметр 10 А ни кўрсатади. Агар электромагнит амперметр ўрнида магнитоэлектрик амперметр уланса у қандай қийматни кўрсатади?
5. Амперметрлар нима учун хусусий қаршилиги кичик, вольтметрлар эса қаршилиги катта қилиб тайёрланади?
6. Қувватни ўлчаш учун занжирга электродинамик ваттметр уланади. Занжирга улангандан кейин асбобнинг стрелкаси шкала бўйлаб эмас, балки тескари томонга оғаётганлиги маълум бўлди. Нима учун шундай бўлган? Қувватни ўлчаш мумкин бўлсин учун ваттметрни шу электр занжирга улаш схемасини қандай ўзгартириш керак?
7. Индукцион ўлчаш механизмидан ўзгарувчан ток занжирида қувватни ўлчашда фойдаланиш учун унинг конструкциясига қандай ўзгариш киритиш керак?
8. Стрелкали асбобларнинг (амперметрлар, вольтметрлар ва ҳоказо) кўпчилигида ўлчанадиган катталик қанча катта бўлса, стрелка бошланғич ҳолатидан шунча кўп оғади. Нима учун омметрларнинг баъзи турларида ўлчанадиган қаршилик қанча катта бўлса, стрелка шунча кам оғади?
9. Электр ўзгартиргичларнинг қандай турлари бор ва улар қандай мақсадда қўлланилади?

IV БОБ. ТРАНСФОРМАТОРЛАР

4.1. УМУМИЙ ТУШУНЧАЛАР

Бир хил кучланишли ўзгарувчан токни худди шундай частотали, лекин бошқа кучланишли ўзгарувчан токка айлантиришга мүлжалланган электромагнит аппарат трансформатор дейилади.

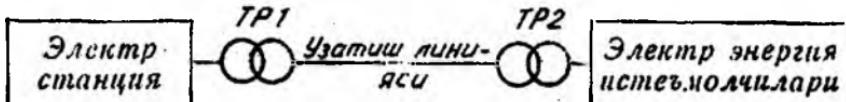
Электр станцияларида – иссиқлик ва гидравлик электр станцияларида ёқилғи ва сувнинг энергияси, атом электр станцияларида эса ички ядро энергияси бирламчи двигателлар (турбиналар) ёрдамида механик энергияга айлантирилади. Механик энергия эса электр генераторлар воситасида электр энергиясига айлантирилади.

Катта электр қувватларини узоқ масофага узатиша энергия исрофини (рангли метални кам сарфлаган ҳолда) юқори кучланишлардан фойдаланиб камайтириш мумкин. Ҳозирги вақтда 500,750 ва 1150 кВт ли системалароро электр узатиш линиялари қурилган ва қурилмоқда. Аммо бундай юқори кучланишни бевосита генераторларда ҳосил қилиб бўлмайди, иккинчи томондан, электр истеъмолчилари 380 ёки 500 В га ҳисобланган бўлади ва улардан баъзиларигина – қудратли электр двигателлари 6–10 кВ га мўлжаллаб қурилади. Шу муносабат билан трансформаторлардан кенг фойдаланилади.

Трансформаторлар асосан электр энергиясини станциялардан саноат корхоналарига узатиб бериш системаларида кучланишни ўзгартириш учун ишлатилади.

Электр генераторларни чиқиш кучланиши 20 кВ дан ортиқ бўлмагани учун электр узатиш линиясининг бошланишида кучайтирувчи трансформаторлар ўрнатилади. Улар ўзгарувчан токнинг кучланишини керакли қийматгача кучайтириб беради. Электр узатиш линиясининг узунлиги ва узатиладиган қувват қанчалик катта бўлса, бу кучланиш ҳам шунчалик катта бўлиши керак.

Электр энергияси истеъмолчиларга тақсимланадиган жойларда пасайтирувчи трансформаторлар ўрнатилади: улар кучланишни талаб қилинадиган даражагача, масалан, 6 кВ гача пасайтириб беради ва ниҳоят, электр энергияси истеъмол қилинадиган жойларда кучланиш пасайтирувчи трансфор-



82-расм

маторлар воситасида яна 127,220 ёки 380 В гача камайтирилади ва бевосита корхоналарнинг истеъмолчиларига ҳамда турар жой биноларига берилади. 82-расмда электр энергиясини узоқ масофаларга узатиш схемаси тасвиirlанган. Бунда ТР1 – кучайтирувчи трансформатор, ТР2 – эса пасайтирувчи трансформатор.

Трансформаторлар турли хил электр қурилмаларда (иситиш, пайвандлаш қурилмалари ва бошқалар), радио, алоқа, автоматика қурилмаларида ва ҳоказоларда фойдаланилади.

Трансформатор ишлатиш жойига қараб куч трансформаторлари ва маҳсус куч трансформаторларига бўлинади. Умумий мақсадларда ишлатиладиган куч трансформаторларидан электр энергиясини узатиш – тақсимлаш системаларида кучайтирув трансформатор сифатида фойдаланилади.

Трансформаторлар ишлатилишига қараб бир неча турга бўлинади:

1. Бир фазали ёки уч фазали куч трансформаторлари – электр энергиясини узоқ масофага узатишда, уни истеъмолчилар орасида тақсимлашда ва умуман, истеъмолчиларни электр энергияси билан таъминлашда ишлатилади;

2. Автотрансформаторлар – кучланиш қийматини бир оз ўзгартириш ёки кучланиш қийматини нолдан бошлаб ошириш учун ҳамда катта қувватли асинхрон двигателларни юргизиш учун ишлатилади;

3. Ўлчов трансформаторлари (кучланиш трансформаторлари ва ток трансформаторлари) – электр ўлчаш схемаларида, юқори кучланишларни ва катта токларни оддий ўлчаш асбоблари билан ўлчаш учун ишлатилади;

4. Маҳсус трансформаторлар – пайвандлаш трансформаторлари; синов трансформаторлари; радио, телевидение, алоқа ва автоматика қурилмаларида ишлатиладиган трансформаторлар; ўзгарувчан токнинг фазалари сонини ёки частотасини

ўзгартырувчи трансформаторлар махсус трансформаторлар ҳисобланади.

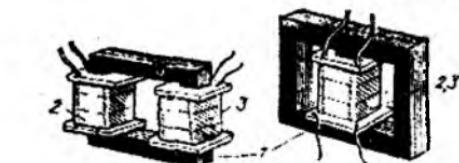
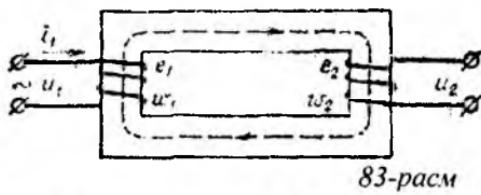
Трансформаторлар бир фазали ва күп фазали бўлади. Күп фазали трансформаторлар орасида уч фазали трансформаторлар энг күп ишлатилади. Бундан ташқари, трансформатор икки чулғамли ва күп чулғамли бўлиши мумкин.

Совитиш усулига қараб трансформаторлар мой ва ҳаво билан совутиладиган трансформаторларга бўлинади. Лекин трансформатор типлари жуда турли-туман бўлишига қарамасдан, ишлаш принципи ва уларда содир бўладиган физик процесслар асосан бир хилдир.

Трансформаторни рус электротехники П. Н. Яблочков 1876 йилда ихтиро қилган. Сўнгра рус ихтирочиси И. Ф. Усагин уни янада такомиллаштирилди. Электр тармоқларида кенг қўлланиладиган уч фазали трансформаторни эса рус электротехники М. О. Доливо – Добровольский 1889 йилда ихтиро қилган.

4.2. БИР ФАЗАЛИ ТРАНСФОРМАТОРНИНГ ТУЗИЛИШИ ВА ИШЛАШ ЖАРАЁНИ

Трансформаторнинг ишлаш жараёни электромагнит индукция ҳодисасига асосланган.



84-расм

Бир фазали трансформаторнинг схематик тузилиши 83-расмда кўрсатилган. Трансформаторнинг ўзаги маълум шаклдаги рама кўринишида йигилган электротехника пўлати листларидан тузилган (84-расмга қаранг). Бу ўзакка иккита чулғам жойлаштирилган. Энергия манбай билан бириттирилган чулғам бирламчи чулғам деб аталади. Унинг ўрамлар сони W_1 бўлсин. Истеъмолчини таъминлайдиган чулғам иккиламчи чулғам деб аталади. Унинг

ўрамлар сони W_2 бўлсин. Бу чулғамларга тегишли катталиклар ҳам бирламчи ва иккиламчи деб юритилади ва 1 ҳамда 2 индекси билан ёзилади.

Агар бирламчи чулғамга U_1 кучланиш берилса, у ҳолда бу чулғамда ўзгарувчан I_1 токи, демак, ўзгарувчан магнит оқими ҳосил бўлади. Бу магнит оқими бирламчи ва иккиламчи чулғамлар билан илашиши натижасида электромагнит индукция қонунига биноан бирламчи e_1 , иккиламчи e_2 ЭЮКлар ҳосил бўлади. Ҳосил бўлган ЭЮК ларнинг катталиги чулғамларнинг ўрамлари сонига пропорционал бўлади.

$$e_1 = - W_1 \frac{d\Phi_o}{dt}$$

$$e_2 = - W_2 \frac{d\Phi_o}{dt} \quad (4.1)$$

Агар трансформаторнинг бирламчи ўрамига

$$U_1 = U_{m1} \sin \omega t$$

кучланиш берилса, шу ўрамда ҳосил бўлган ток қиймати

$$i_1 = I_{m1} \sin(\omega t - \varphi_1) \quad (4.2)$$

бўлади.

Трансформаторнинг ўзагида ҳосил бўлган магнит оқими

$$\Phi_o = \Phi_m \sin(\omega t - \varphi) \quad (4.3)$$

бўлади.

(4.1) ифодага кўра трансформатор чулғамларидағи ЭЮК лар бир – бирига teng, яъни $e_1 = e_2$.

Кирхгофнинг иккинчи қонунига мувофиқ бирламчи ўрамдаги кучланиш шу ўрамдаги ЭЮК га teng $U_1 = e_1$, шунингдек, иккиламчи ўрамда ҳам $U_2 = e_2$ бўлади.

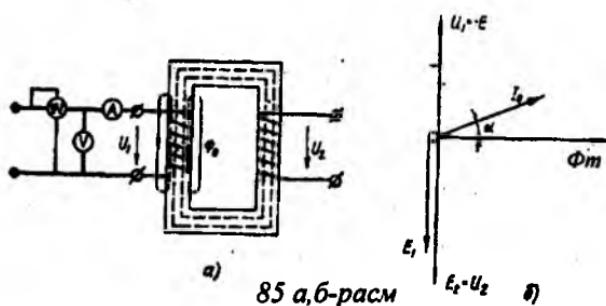
$\frac{e_1}{e_2}$ нисбат берилган трансформатор учун доимий катталик бўлиб, трансформация коэффициенти дейилади ва К ҳарфи билан белгиланади яъни,

$$K = \frac{e_1}{e_2} \quad (4.4)$$

Агар $W_1 > W_2$ ва $K > 1$ бўлса, кучланишни пасайтирувчи трансформатор, агар $W_1 < W_2$ ва $K < 1$ бўлса, кучайтирувчи трансформатор бўлади. Битта трансформаторнинг ўзидан кучланишни пасайтириш ва кучайтириш учун фойдаланиш мумкин.

Трансформация коэффициенти трансформаторнинг кучланиш қийматини неча марта кучайтириш ва пасайтириш кераклигини билдиради.

4.3. ТРАНСФОРМАТОРНИНГ САЛТ ИШЛАШИ



(85-расм, а). Салт ишлашда трансформаторнинг бирламчи чулғамидан ўтадиган ток унинг салт ишлаш токи деб аталади ва I_o ҳарфи билан белгиланади.

Демак, трансформатор салт ишлаганда $I_1 = I_o$ бўлади. Салт ишлаш токининг қиймати, одатда, бирламчи чулғам номинал токининг 2...10 % ни ташкил қиласи. I_o салт ишлаш токи билан трансформатор стержени ўзагида унинг асосий магнит оқими ҳосил қилинади:

$$\Phi = \Phi_m \sin \omega t.$$

Трансформаторнинг бирламчи чулғамига U_1 кучланиш берилса, лекин иккимизни чулғамига юклама уланмаса, бу ҳол трансформаторнинг салт ишлаши дейилади

Бу оқим ўз навбатида бирламчи ўрам чулғамларыда ЭЮК ҳосил қиласы:

$$e_1 = \omega_1 \frac{d\phi}{dt} = \Phi_m 2\pi f \sin(\omega t - \varphi - \frac{\pi}{2}),$$

бы ерда

$$\Phi_m 2\pi f \omega_1 = E_{1m},$$

ЭЮК нинг эффектив қиймати

$$E_1 = \frac{E_{1m}}{\sqrt{2}} = 4,44 \Phi_m f \omega_1.$$

Шунингдек, трансформаторнинг иккиламчи чулғамида индукцияланган ЭЮК.

$$e_2 = -\omega_2 \frac{d\phi}{dt} = \phi_m 2\pi f \omega_2 \sin(\omega t - \varphi - \frac{\pi}{2}).$$

Унинг эффектив қиймати

$$E_2 = 4,44 \Phi_m f \omega_2$$

Амалда майдон оқими Φ_m вебер ҳисобида үлчанса, E_1 ва E_2 нинг қийматлари вольт (В) ҳисобида үлчанади.

Трансформатор салт ишлаганида истеъмол қилинадиган актив қувват қуидагиларга исроф бўлади.

1. Бирламчи чулғам ўрамлардаги исроф $P_m = I^2 R$.
2. Пўлат ўзакдаги исроф. Бу исрофни қуидаги эмпирик формула ёрдамида аниқлаш мумкин:

$$P_n = [\delta_b f^2 B_m^2 + \delta_s f^2 B_m^2] G,$$

бунда f – пўлатнинг қайта магнитланиш частотаси (Гц); $\delta_b = \delta_s$ – ферромагнит модда хусусиятига боғлиқ бўлган коэффициентлар;

B_m – магнит индукцияси;

G – магнит ўтказгичнинг оғирлиги.

3. Уюрма токларга кетадиган энергия исрофи.

Трансформатор салт ишлаганда қувват бутунлай исрофни енгишга сарфланади.

Юкламасиз трансформаторнинг вектор диаграммасини қуриш учун бирламчи чулгам параметрларидан фойдаланамиз.

Бирламчи чулғамга берилган U_1 кучланиш синусоидал ўзгаради ва чулғамдан салт ишлаш токи I_o ўтади. Агар пўлат ўзак бўлмаса, салт ишлаш токи реактив токка тенг, яъни $I_o = I_p$ бўлади. Реактив I_p ток магнит оқими Φ_m билан устма-уст тушиб, U_1 кучланишдан 90^0 кейинда қолади (85-расм, б).

Амалда бирламчи чулғам занжиридаги ваттметр салт ишлашда ўзак пўлатидаги исроф қувватига тенг бўлган қувватни ўлчайди. Салт ишлашда чулғамни қиздиришга кетадиган қувват исрофи пўлатдаги исрофга нисбатан жуда кам, шунинг учун уни ҳисобга олмаса ҳам бўлади. Шундай қилиб, салт ишлаш токининг эффектив қиймати актив ва реактив токларнинг геометрик ийғиндисига тенг

$$I_o = \sqrt{I_a^2 + I_p^2} .$$

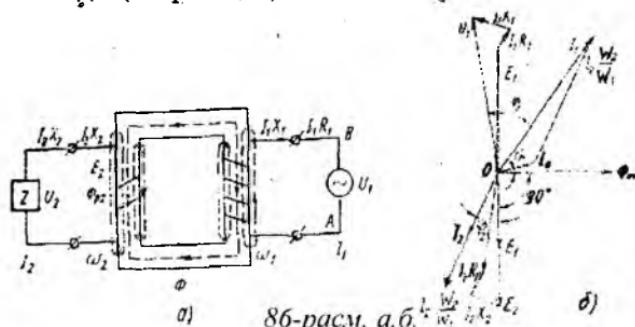
Пўлатнинг сифати юқори бўлгани учун $I_a < I_p$ ва I_p ток U_1 кучланишдан 90^0 га яқин бурчакка кейинда қолади.

Салт ишлаш токи I_o билан магнит оқими орасидаги бурчак α магнитлаш натижасида кечикиш бурчаги дейилади. Асосий магнит оқими трансформаторнинг бирламчи ва иккиламчи чулғамларида E_1 ва E_2 ЭЮК лар ҳосил қиласи. Бу электр юритувчи кучлар фаза жиҳатидан магнит оқимидан 90^0 бурчакка орқада қолади.

Трансформатор салт ишлаганда вектор диаграммада E_1 ва E_2 ЭЮК лар ҳам Φ_m магнит оқимидан 90^0 кейинда қолади. Бирламчи чулғамдаги кучланиш тушуви нолга тенг бўлгани учун $U_2 = E_2$ ва $U_1 = E_1$ бўлади.

4.4. ЮКЛАНГАН ТРАНСФОРМАТОРНИНГ ИШИ

Агар трансформаторнинг иккиламчи чулғамларига нагрузка уланса, бу ҳол трансформаторнинг иш режими деб аталади (86-расм, а).



86-расм, а, б.

Трансформаторнинг иккиламчи чулғамига нагрузка уланганда бирламчи ва иккиламчи чулғамларидан катталиклари бир-бирига тенг бўймаган I_1 ва I_2 токлар

ўтади. Трансформаторда қувватнинг арзимаган даражадаги исрофлари ҳисобга олинмаса, тарнсформаторнинг истеъмолчига берган U_2I_2 қуввати унинг энергия манбаидан олган U_1I_1 қувватига тенг бўлади дейиш мумкин, яъни

$$U_2I_2 = U_1I_1,$$

бундан

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = K; \quad I_2 = KI_1. \quad (4.5)$$

Трансформатор нагруззакда ишлаётганда иккиламчи чулғамдан ўтаётган I_2 ток, Ленц конунига асосан, шундай магнит оқимини ҳосил қиласдики, бу оқим ўзакдаги магнит оқимига қарама-қарши йўналган бўлиб, уни камайтиришга интилади.

Ўзакдаги натижавий магнит оқими ўзгармай қолиши учун иккиламчи чулғамнинг бу магнит оқими бирламчи чулғам магнит оқими билан мувозанатлашиши керак.

Шундай қилиб, иккиламчи чулғамдаги I_2 ток ортганда унинг магнитизлантирувчи магнит оқими ортади, шу билан бирга бирламчи чулғамдаги I_1 ток ва бу ток ҳосил қилган магнит оқими ҳам ортади. Лекин бирламчи чулғамнинг магнит оқими

иккиламчи чулғамнинг магнитсизлантирувчи оқимини мувозанатлаштиргани учун ўзакдаги натижавий оқим қиймати ўзгармайды.

Трансформатор нагрузкада ишлаганда унинг бирламчи ва иккиламчи чулғамларидан сочилувчи Φ_{s1} ва Φ_{s2} оқимларни ҳосил қиласидиган токлар ўтади. Бу магнит оқимлари фақат ўзини ҳосил қиласидиган токлар ўтадиган чулғам ўрамларинигина кесиб ўтади ва трансформатор магнит ўтказгичидан ўтиб, туташувчи асосий магнит оқими Φ_o дан доим кичик бўлади, чунки сочилган оқим магнитсиз муҳитдан ўтади. Бу оқим чулғамларда сочилувчи оқим ҳосил қиласди, бу оқим эса нагрузка ўзгарганда жуда кам ўзгаради.

Амалда битта трансформаторда бир қанча, ҳар хил ўрамли иккиламчи чулғамлар бўлади.

Чулғамлардаги ўрамлар сонининг нисбатлари уларнинг учларидағи кучланишлар нисбатлари орқали аниқланади:

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{U_2}{U_1}; \quad \frac{\omega_3}{\omega_1} = \frac{U_3}{U_1}; \quad \frac{\omega_4}{\omega_1} = \frac{U_4}{U_1}. \quad (4.6)$$

Бирламчи чулғамдаги ток иккиламчи чулғамлардаги токлар йигиндисига teng бўлади:

$$I_1 = I_2 \frac{U_2}{U_1} + I_3 \frac{U_3}{U_1} + I_4 \frac{U_4}{U_1} + \dots$$

Ҳар бир иккиламчи чулғамдаги токнинг ўзариши бирламчи чулғамдаги токни ўзgartиради.

Бирламчи чулғамга ташқаридан таъсир этувчи ЭЮК бирламчи чулғамнинг актив қаршилигидаги кучланишнинг пасайишига ва Φ_1 оқимнинг ўзариши натижасида ҳосил бўлган ЭЮК ни енгишга сарф бўлади:

$$U_1 = R_1 I_1 + \frac{d\phi_1}{dt} \quad (4.7)$$

Магнит оқимининг ўзгариши

$$\phi_1(t) = \frac{1}{\omega_1} \int U_1 dt. \quad (4.8)$$

Демак, синусоидал кучланиш (U_1) да магнит оқими ҳам синусоидал қонун бўйича ўзгаради.

Иккиламчи чулғамдаги Φ_2 оқимнинг ўзгариши матижасида ЭЮК E_2 ҳосил бўлади. Шу ЭЮК иккиламчи чулғамнинг актив қаршилиги ва ташқи занжирнинг қаршилигидаги кучланишнинг пасайишига кетади:

$$-\frac{d\phi_2}{dt} = R_2 I_2 + U_2. \quad (4.9)$$

Магнит оқимлари Φ_1 ва Φ_2 токларга (I_1 ва I_2) пропорционал бўлади:

$$\begin{aligned}\Phi_1 &= L_1 I_1 + M_1 I_2, \\ \Phi_2 &= L_2 I_2 + M_2 I_1\end{aligned} \quad (4.10)$$

бу ерда L_1 ва L_2 – бирламчи ва иккиламчи чулғамларнинг индуктивлиги; M_1 ва M_2 – ўзаро индукция коэффициенти (4.7) ва (4.9), (4.10) ифодаларга кўра.

$$U_1 = R_1 I_1 + L_1 \frac{dI_1}{dt} + M_1 \frac{dI_2}{dt}; \quad -M \frac{dI_1}{dt} = R_2 I_2 + L_2 \frac{dI_2}{dt} + U_2;$$

Бу ифодалар трансформаторнинг дифференциал тенгламалари деб юритилади.

Демак, ташқаридан бирламчи чулғамга таъсир этувчи кучланиш актив қаршиликни енгиздан ташқари, чулғамда ҳосил бўладиган ўзиндуқция ЭЮК $L_1 \frac{di_1}{dt}$ ва ўзаро индукция ЭЮК.

$M \frac{di_2}{dt}$ ини енгади. Иккиламчи чулғамда ҳосил бўладиган ўзаро

индукция ЭЮК ундағи актив қаршилик ва ўзиндукация ЭЮК лариниң енгәди.

Юкламали трансформаторнинг вектор диаграммасини чизишда иккиламчи چулғам параметрларининг қийматлари ҳисобга олинади.

Магнит оқими вектори горизонтал йұналишда чизилади (86-расм, б). Магнитловчи ток I_o вектори магнит оқими Φ_m векторидан α бурчакка олдинда кетади, бирламчи چулғамнинг ЭЮК вектори E_1 магнит оқими векторидан 90° орқада қолади.

Иккиламчи چулғамнинг келтирилган токи қуийдагича аниқланади:

$$I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (X_1 - X_2)^2}}, \quad (4.11)$$

бу ерда R_2 ва X_2 – иккиламчи چулғамга уланған нагрузканинг актив ва реактив қаршиликлари.

I_2 токниң йұналиши нагрузка турига боғлиқ бўлади. Агар нагрузка актив ва реактив қаршиликлардан иборат бўлса, I_2 вектори \vec{E}_2 векторидан φ_2 бурчакка орқада қолади. Бу бурчак қуийдагича аниқланади:

$$\varphi_2 = \arctg \frac{X_1 + X_2}{R_1 + R_2}. \quad (4.12)$$

Истеъмолчига берилётган иккиламчи кучланиш вектори шу چулғамнинг актив ва индуктив қаршиликларидағи кучланиш пасайиши, U_1 ва U_2 векторларини айириш билан аниқланади. Шу мақсадда \vec{E}_2 вектори учидан I_2 вектори давомига тик туширамиз. U_p реактив кучланиш вектори шу тик чизиқ бўйича йұналади. Энди бу вектор учидан U_p векторига параллел чизиқ чизамиз, E_2 вектори эса ана шу чизиқда ётади. Бунда I_2X_2 ва I_2R_2 ларнинг йұналиши шартли танланади. Аслида I_2X_2 кучланиш токдан 90° бурчакка олдинда бўлади, тенгламада эса мағний қиймати берилади, шунинг учун уни тескари йұналтирамиз. Энди

I_2R_2 вектори учини \bar{E}_2 вектори учи билан бирлаштириб, I_2R_2 – иккиламчи чулғамнинг тўла қаршилигига кучланиш пасайиши векторини чизамиз ва натижада иккиламчи чулғам қаршиликларида сарфланган кучланишлар учбурчагини ҳосил қиласиз. I_2R_2 вектори учини 0 нуқта билан бирлаштириб, U_2 вектори ҳосил қиласиз. Истеъмолчи R_a актив ва X_2 индуктив қаршиликлардан иборат бўлгани учун U_2 векторидан φ_2 бурчакка олдинда кетади.

Бирламчи чулғамдаги ток I_1 векторини аниқлаш учун $I_1 = I_0 + (-I_2)$ га кўра \bar{I}_0 векторига – I_2 векторини қўшамиз. Бунинг учун I_0 векторнинг учидан йўналиши бўйича I_2 га тескари, лекин қиймати тенг бўлган – I_2 векторини чизамиз. Бу вектор учини 0 нуқта билан бирлаштириб, I_1 векторини ҳосил қиласиз.

Диаграммада тармоқ кучланиши U_1 нинг вектори трансформаторнинг салт ишлаши учун чизилган вектор диаграммасида кўрсатилган йўл билан аниқланади. Бунинг учун E_1 векторига тенг ва қарама-қарши йўналган – E_1 векторини чизамиз. – E_1 вектори учидан I_1 вектори йўналишида I_1R_1 векторини чизамиз. I_1X_1 вектори эса I_1 векторига нисбатан φ_1 олдинда бўлади. Бу вектор учини 0 нуқта билан бирлаштириб, кучланиш U_1 векторини ҳосил қиласиз.

Шундай қилиб, юклама актив – индуктив характерда бўлса \bar{U}_1 вектори \bar{I}_1 векторида φ_1 бурчакка олдинда бўлади.

4-1-масала. Трансформаторнинг вектор диаграммаси тузилсин ва иккиламчи чулғамдаги ток ва кучланиш $I_2 = 20$ А; $U_2 = 120$ В, $\cos \varphi_2 = 0,8$, $\varphi_2 = 36^0$ бўлса, диаграммадан бирламчи чулғамдаги ток, кучланиш ва трансформаторнинг ф.и.к.и аниқлансан. Трансформаторнинг нагрузкасиз ишлаш вақтидаги қуввати $P = 120$ Вт, ток кути $I_0 = 22$ А, трансформация коэффициенти

$$k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = 1,6$$

чулғамларнинг актив қаршиликлари

$$R_1 = 0,4 \text{ Ом}; \quad R_2 = 0,25 \text{ Ом},$$

индуктив қаршиликлари

$$X_1 = 2 \text{ Ом}; \quad X_2 = 0,8 \text{ Ом}$$

эканлиги ҳам маълум.

Вектор диаграммадан фойдаланиб $I_2 = 0$ бўлганда иккиламчи кучланишнинг $U_2 = 120$ В лигича қолиши учун ҳандай бирламчи кучланиш зарур эканлигини аниқланг.

Ечиш. Ток кучи $m = 2 \frac{MM}{A}$ ва кучланиш учун $n = 0,5 \frac{MM}{A}$ масштабни танлаб оламиз. Иккиламчи кучланиш вектори U_2 ни ҳисоблаб оламиз. I_2 ток U_2 кучланишдан φ_2 бурчакка орқада қолади. Иккиламчи токнинг келтирилган қиймати

$$I_2^1 = \frac{I_2}{k} = \frac{20}{1,6} = 12,5 A.$$

Иккиламчи чулғамнинг актив қаршилиқидаги кучланишнинг пасайиши.

$$U_{R2} = I_2 R_2 = 20 \cdot 0,25 = 5 \text{ В.}$$

Реактив қаршилиқдаги кучланишнинг пасайиши

$$U_{L2} = I_2 X_2 = 20 \cdot 0,8 = 16 \text{ В}$$

(бу кучланиш I_2 токдан $\frac{\pi}{2}$ бурчакка илгарилаб кетади).

Электр юритувчи куч вектори $\vec{E}_2 + \vec{U}_2 + \vec{U}_{R2} + \vec{U}_{L2}$; $E_2 = 1,38$ В қийматини вектор диаграммадан аниқлаймиз.

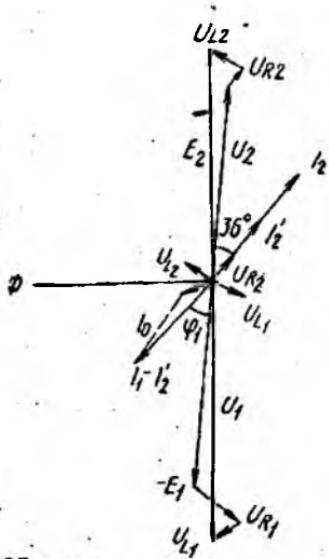
Ф магнит оқимининг вектори E_2 билан $\frac{\pi}{2}$ бурчак ташкил қиласди. Бу векторни масштабга риоя қилмаган ҳолда қўямиз.

Бирламчи чулғамдаги электр юритувчи куч $E_1 = KE_2 = 192$ В бўлиб, E_2 вектор билан бир томонга йўналган бўлади. E_1 векторнинг манфий қийматини қўямиз. Юкламасиз ишлаш вақтидаги қувват

$$P_o = E_1 I_0 \sin \alpha$$

ўзакдаги бефойда сарфни ифодалайди. Формуладаги α ток I билан магнит оқими Φ орасидаги фаза силжишидир. Бу бурчакни аниқлаймиз:

$$\sin \alpha = \frac{P_o}{E_1 I_0} = \frac{120}{192 \cdot 2,2} = 0,282; \quad \alpha = 16^\circ$$



87-расм

I_0 векторнинг катталиги ва йўналиши маълум. Уни диаграммага қўйамиз. I_2^1 векторнинг тескари ишора билан олинган, келтирилган қиймати билан I_0 вектор қийматининг йигиндиси бирламчи чулғамдаги I_1 токни беради (бунда $I_2\omega_2 + I_1\omega_1 = I_0\omega$ шарт бажарилиши керак, бу тенгликнинг ҳар икки томонини п га бўлсак, $I_2^1 + I_1 = I_0$ ёки $I_2^1 = I_2 + I_0$ ҳосил бўлади). I_1 вектор узунлигии ўлчаб, унинг сон қийматини топамиз (87-расм):

$$I_1 = 14,5 \text{ A}$$

Кучланишиниг пасайиши

$$U_1 = -E_1 + U_{R1} + U_{L1}$$

Сон қийматларини қўйсак,

$$U_{R1} = I_1 R_1 = 14,5 \cdot 0,4 = 5,8 \text{ В},$$

$$U_{L1} = I_1 X_1 = 14,5 \cdot 2 = 29 \text{ В}.$$

U_{R1} кучланиш I_1 ток билан бир хил фазада, U_{L1} кучланиш эса I_1 тоқдан $\frac{\pi}{2}$ бурчакка илгарилиб кетади. U_1 векторни ўлчаб, бирламчи кучланишининг сон қийматини топамиз:

$$U_1 = 220 \text{ В.}$$

$$\alpha = 46^0; \cos \varphi_1 = 0,69$$
 эканлигини диаграммадан топамиз.

Трансформаторнинг фойдали иш коэффициенти

$$\eta = \frac{U_2 I_2 \cos \varphi_2}{U_1 I_1 \cos \varphi_1} = \frac{120 \cdot 20 \cdot 0,8}{220 \cdot 14,5 \cdot 0,69} = 0,87$$

$I_2 = 0$ ва $U_2 = E_2 = 120$ В бүлгандың күчланиш U_1 ни тониш учун яна вектор диаграмма чизамиз. Бирламчи чүлғам күчланиши

$$\begin{aligned} U_1 &= -E_1 + I_0 R_1 + I_0 X_1, \\ I_0 R_1 &= 2,2 \cdot 0,4 = 0,88 \text{ В}, \\ I_0 X_1 &= 2,2 \cdot 2 = 4,4 \text{ В}. \end{aligned}$$

сон қийматлар E_1 га нисбатан жуда кинчидир. Шунинг учун күчланишнинг сон қиймати $U_1 = E_1$, яъни

$$U_1 = KU_2 = 1,6 \cdot 120 = 192 \text{ В бўлади.}$$

4.5. ТРАНСФОРМАТОРЛАРДА ЭНЕРГИЯ ИСРОФЛАРИ

Трансформаторнинг бирламчи чүлғамидаги қувват $P_1 = U_1 I_1 \cos \varphi_1$ деб фараз қиласлик. Трансформаторда иштэймолчига иккиламчи $P_2 = U_2 I_2 \cos \varphi_2$ қувват олинади. Уч фазали токда трансформаторнинг бирламчи ва иккиламчи чүлғамларидағи қувват қўйидагиларга тенг:

$$P_1 = \sqrt{3} U_1 I_1 \cos \varphi_1 \quad (4.13)$$

ва

$$P_2 = \sqrt{3} U_2 I_2 \cos \varphi_2.$$

Трансформаторнинг ўзида қувват исрофи $P_1 = P_2$ га тенг эканлиги равшан. Трансформаторда айланувчи қисмлар бўлмайди, шунинг учун қувват фақат чулгамларни қиздиришга ($P_{\text{ч}}$) ва магнит ўтказгич пўлатини қиздиришга ($P_{\text{пўл}}$) исроф бўлади.

Чулғамлардаги қувват исрофи I_1 ва I_2 токларга боғлиқ ва қўйидагига тенг:

$$P_2 = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2, \quad (4.14)$$

бу ерда R_1 ва R_2 – чулғамларнинг актив қаршиликлари. Бу исрофларни трансформаторнинг қисқа туташиш тажрибасидан иккала чулғамда осонгина аниқлаш мумкин. Бунинг учун чулғамлардан бири қисқа туташтирилади, иккинчи чулғам ҳам I_{n1} , I_{n2} номинал токлар барқарор бўладиган, пасайтирилган U кучланиш берилади. Маълумки, бу пасайтирилган кучланиш қисқа туташув кучланиши дейилади. Одатда, пўлатдаги исрофлар $P_{пўл}$ жуда кичик бўлади ва улар ҳисобга олинмайди. У ҳолда чулғамлардаги исрофларнинг ифодасини қўйидағича ёзиш мумкин:

$$P_{\text{қн}} = P_c + P_{\text{пўл}} = P_{c,n} \quad (4.15)$$

бу ерда $P_{c,n}$ – номинал токларда чулғамлардаги исрофлар.

Пўлатдаги исрофлар трансформаторнинг салт ишлаш тажрибасидан аниқланади. Частота ўзгармаганда улар фақат пўлатдаги магнит индукциясининг максимал қийматига боғлиқ бўлади. Агар бирламчи кучланиш ўзгармас бўлса, $B_m = \text{const}$ ва пўлатдаги исрофлар салт ишлашда ҳам, нағрузка билан ишлашда ҳам бир хил бўлади. Трансформаторнинг иккиламчи чулғами узилган ҳолда у U_{n1} номинал кучланишга уланади. Бирламчи чулғамдаги I_1 ток жуда кичик, I_2 ток эса 0 га teng бўлади. Шунинг учун тажрибада чулғамлардаги исрофни ҳисобга олмаслик мумкин.

У ҳолда

$$P_c = P_{\text{пўл}} + P_{c,n} = P_{\text{пўл}} \quad (4.16)$$

Тажриба асосида I_{n1} , I_{n2} номинал токларда ва U_{n1} кучланишда ишлаётган трансформатордаги исрофларни аниқлаш мумкин:

$$\sum P = P_{c,n} + P_{\text{пўл}}.$$

4.6. ТРАНСФОРМАТОРЛАРНИНГ ФОЙДАЛИ ИШ КОЭФФИЦИЕНТИ

Трансформатор бераётган P_2 қувватнинг у олаётган P_1 қувватга нисбати трансформаторнинг фойдали иш коэффициенти деб аталади ва η ҳарфи билан белгиланади:

Амалда трансформаторнинг ФИК ни ҳисоблаш учун қуидаги ифодадан фойдаланилади:

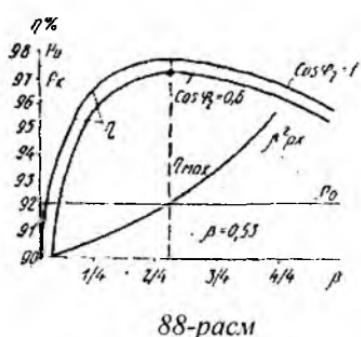
$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P} = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P_m} \quad (4.17)$$

Пўлатдаги бўладиган исрофлар доимий, чулғамларда бўладиган исрофлар эса токнинг квадратига ёки иккиласми қувватнинг квадратига пропорционал $S : S_1 = K$, яъни трансформаторларнинг юклама коэффициентига тенг бўлади. Унда $P_{\text{пўл}}$ ва $P_{\text{чул}}$ ни билган ҳолда трансформаторнинг ихтиёрий юкламаси учун ФИК ни ҳисоблаш мумкин.

$$P_2 = \sqrt{3}U_2 I_2 \cos\varphi = \beta S_n \cos\varphi_2 \quad \text{бўлгани учун}$$

$$\text{агар } \Delta P_m = P_c; \quad \Delta P_s = 3I_1^2 R_1 = 3\beta I_{n1}^2 = \beta^2 P_k \quad (4.18)$$

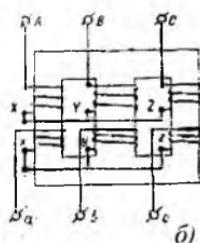
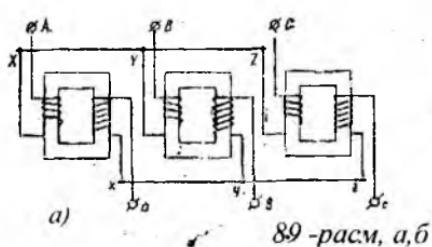
эканлигини эътиборга олсак, бир фазали трансформаторнинг ФИК қуидагича бўлади:



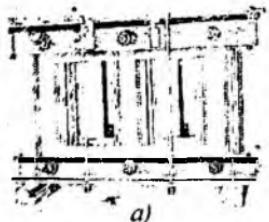
$$\eta = \frac{\beta S_n \cos\varphi_2}{\beta S_n \cos\varphi_2 + P_c + \beta^2 P_k} \quad (4.19)$$

Демак, трансформаторнинг фойдали иш коэффициенти юклама коэффициентига ҳамда истеъмолчи нинг қувват коэффициентига боғлиқ бўлади. Қувват коэффициенти ортиши билан ФИК ҳам ортади (88-расм).

4.7. УЧ ФАЗАЛИ ТРАНСФОРМАТОРЛАР



Уч фазали токни трансформациялашда бирбири билан боғланмаган учта бир фазали ток трансформаторидан (89-расм, а) ёки маҳсус уч фазали

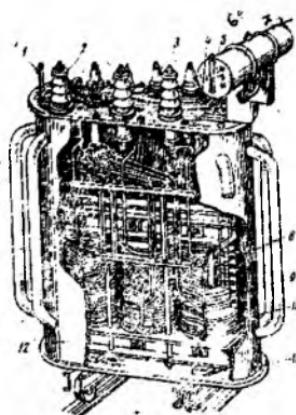


a)



б)

90-расм, а, б



91-расм

чулғамлари бир хил юлдуз усулида уланган. Φ_A оқим В ва С стерженлар орқали, Φ_B оқим А ва С стерженлар орқали, Φ_C оқим эса А ва В стерженлар орқали туташади.

Уч фазали трансформатор чулғамларидаги магнитловчи токлар, масалан, AX, BY, CZ ҳамма вақт фаза бўйича сиљиган бўлади. Магнит ўтказгич стерженларининг токлар билан мос келувчи $\Phi_A + \Phi_B + \Phi_C$ оқимлари исталган пайтда $\Phi_A + \Phi_B + \Phi_C = 0$ йигиндинсини ҳосил қиласди.

Уч фазали трансформаторларда, магнит майдон оқимлариdek, магнит юритувчи кучлар F_A , F_B , F_C ҳам симметрик системани ташкил қиласди. Бу ҳол учун $F > F_B$ шарт бажарилиши керак.

Демак, магнитловчи $I_A = I_C > I_B$ токлар ҳам симметрик система ташкил қиласди.

Магнитловчий токлардаги бундай фарқ кам қувватли трансформаторларда сезиларли бўлади, катта қувватли трансформаторларда эса кам сезилади.

трансформаторлардан фойдаланилади (89-расм, б). Уч фазали трансформаторда ҳар учала фаза учун умумий магнит ўтказгич бўлади (90-расм. а, б).

91-расмда уч фазали куч трансформаторининг тузилиши кўрсатилган.

Трансформаторлар магнит ўтказгичининг тузилишига қараб икки хил: стерженли ва бронли бўлади. Трансформаторнинг стерженли хили энг кўп тарқалган (90-расм, а).

Уч стерженли магнит ўтказгичининг ҳар қайси стерженида бирламчи ва иккиламчи чулғамлар жойланади, бу чулғамлар айни бир фазага тегишли бўлади. 89-расм, б да трансформаторнинг юқори ва паст кучланиш

чулғамлари бир хил юлдуз усулида уланган. Φ_A оқим В ва С стерженлар орқали, Φ_B оқим А ва С стерженлар орқали, Φ_C оқим эса А ва В стерженлар орқали туташади.

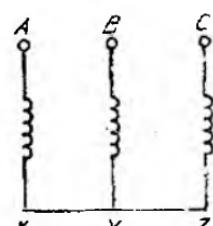
Уч фазали трансформатор чулғамларидаги магнитловчи токлар, масалан, AX, BY, CZ ҳамма вақт фаза бўйича сиљиган бўлади. Магнит ўтказгич стерженларининг токлар билан мос келувчи $\Phi_A + \Phi_B + \Phi_C$ оқимлари исталган пайтда $\Phi_A + \Phi_B + \Phi_C = 0$ йигиндинсини ҳосил қиласди.

Уч фазали трансформаторларда, магнит майдон оқимлариdek, магнит юритувчи кучлар F_A , F_B , F_C ҳам симметрик системани ташкил қиласди. Бу ҳол учун $F > F_B$ шарт бажарилиши керак.

Демак, магнитловчи $I_A = I_C > I_B$ токлар ҳам симметрик система ташкил қиласди.

Магнитловчий токлардаги бундай фарқ кам қувватли трансформаторларда сезиларли бўлади, катта қувватли трансформаторларда эса кам сезилади.

Үзакларга ұар бир фаза учун юқори күчланиш ва паст күчланиш чулғамлари үралади. Юқори күчланиш чулғамлари фазасининг боши шартли равища A, B ва C ҳарфлари билан, чулғамлари охири эса X, Y ва Z ҳарфлари билан белгиланади.

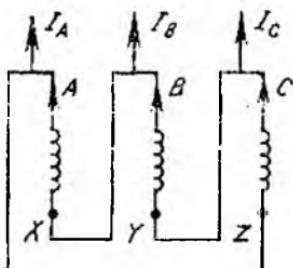


92-расм

занжирга уланади (92-расм).

Трансформатор чулғамларини учбурчак усулида улашда биринчи фаза боши иккінчи фаза охирига, иккінчи фаза боши учинчи фаза охирига, учинчи фаза боши биринчи фаза охирига уланади (93-расм).

Бир фазанинг боши билан бошқа фазанинг охири уч фазали үзгарувчан ток заижири тармоғига уланади.

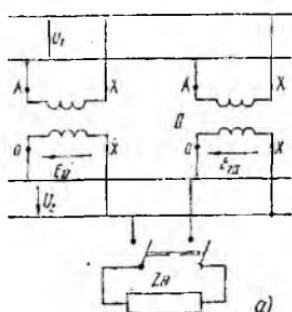


93-расм

4.8. ТРАНСФОРМАТОРЛАРНИҢ ПАРАЛЛЕЛ ИШЛАШИ

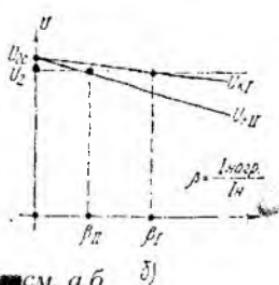
Саноат корхоналарыда, одатда, бир неча трансформатор үрнатылған бўлиб, улар алоҳида-алоҳида ишлаши ёки параллел ишлаши мумкин.

Трансформаторлар алоҳида-алоҳида ишлаганды уларнинг иккиласы чулғамлари үзаро боғланмаган бўлади. Трансформаторлар параллел ишлаганды эса уларнинг иккиласы чулғамлари умумий нагрузкани таъмйнлайди.



a)

94-расм, а, б



Ҳамма трансформаторлар ҳам параллел ишлайвермайди. Қандай шартлар бажарилганда трансформаторларни параллел ишлашга улаш мумкинлигини аниқлаймиз. Буни иккита бир фазали, пасайтирувчи трансформатор мисолида кўриб чиқамиз (94-расм, а).

1. Параллел ишлайдиган трансформаторларнинг бирламчи ва иккиламчи чулғамларидағи кучланишлари ўзаро teng бўлиши керак, яъни

$$U_{1I} = U_{1II} = \dots = U_{1n},$$

$$U_{2I} = U_{2II} = \dots = U_{2n}.$$

Амалда бу шарт трансформация коэффициентларининг бир-бирига teng бўлишидан иборат:

$$K_I = K_{II} = \dots = K_n$$

Трансформация коэффициентлари $K_1 < K_2$ бўлган ҳол учун бир фазали трансформаторларнинг нагрузкасиз ишлашини текширайлик (94-расм, а).

Тармоқнинг кучланиши иккала трансформаторнинг бирламчи кучланишларига teng, яъни

$$U_1 = U_{1n1} = U_{1n2}.$$

Иккиламчи кучланишлар бир-бирига teng бўлмайди, яъни

$$U_{21} = \frac{U_1}{K} > U_{22} = \frac{U_2}{K}$$

2. Параллел ишловчи трансформаторларнинг қисқа туташув кучланишлари бир-бирига teng, яъни

$$U_{kI} = U_{kII} = \dots = U_{kn}$$

бўлиши керак.

Турли қувватдаги трансформаторларнинг қисқа туташув кучланишлари $U_{kII} > U_{kI}$ бўлиб, трансформация коэффициентлари $K_1 = K_2$ бўлса, унинг ташқи характеристикиси 94-расм, б да кўрсатилгандек бўлади.

Параллел ишлаётган трансформаторлардан бирортаси ишдан чиқса, унинг ўрнига бошқа трансформатор ўрнатиш лозим

бұлади, лекин қисқа туташиш кучланишининг қиймати ишлаёттан трансформатордаги қисқа туташиш кучланишига тенг бошқа трансформатор топиш қийин. Ҳатто бир хил қувватли трансформаторларнинг қисқа туташиш кучланишлари ҳам бирор қийматтаға фарқ қиласы. Шунинг учун қисқа туташиш кучланиши параллел ишлаёттан трансформаторларнинг қисқа туташиш кучланишлари ўрта арифметик қийматларидан $\pm 10\%$ гача фарқ қиласынан көп болады. Шунинг учун параллел ишлайдиган трансформаторнинг қуввати анча фарқ қиласа, улар қисқа туташиш кучланишларининг фарқи йўл қўйилиши мумкин бўлган қийматдан ошиб кетади. Шунинг учун параллел ишлайдиган трансформаторларнинг номинал қувватларининг нисбати 3 дан катта бўлмаслиги тавсия этилади. Шунда қисқа туташиш кучланишларининг фарқи 10 % дан ошмайди. Параллел ишлайдиган трансформаторларда истеъмолчининг қуввати доимо уларнинг номинал қувватига пропорционал тақсимланиши лозим. Лекин истеъмолчи умумий қуввати параллел уланган трансформаторларнинг номинал қувватлари йиғиндисидан ошиб кетмаслиги шарт.

Трансформаторлар параллел уланаётганида (юқоридаги асосий шартлардан ташқари) уларда фаза кучланишлари векторларнинг кетма-кет келиши, яъни фаза алмашиниши бир хил бўлиши керак. Параллел уланаётгандан трансформаторларнинг фаза алмашиниши бир хил бўлса, уланаётгандан трансформатор иккиласи чулаганинг фазасига уланган волтъметр нолни курсатади. Подстанцияда бир неча трансформатор параллел ишлаганида айрим трансформаторнинг нагрузкаси қуввати қуидагича аниқланади:

$$S_x = \frac{S}{U_{kx} \cdot \sum \frac{S_{hx}}{U_{kx}}} \cdot S_{hx}$$

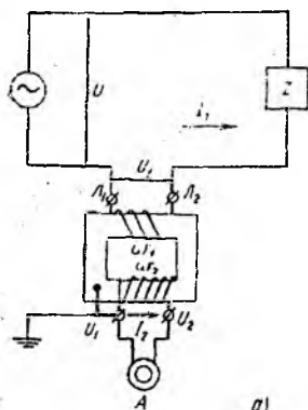
бу ерда:

S_x – берилган трансформатор нагрузкасининг қуввати, кВт;

S – истеъмолчининг умумий қуввати, кВт;

U_{kx} – берилган трансформаторнинг қисқа туташиш кучланиши, В;

$S_{\text{нх}}$ – берилган трансформаторларнинг номинал қуввати, кВт.



а)

3. Параллел ишлайдиган трансформаторлар бир хил гуруҳда бўлиши шарт. Трансформаторнинг биринчи иккинчи гуруҳда, иккинчиси биринчи гуруҳда деб фараз қиласлилар. Бунда иккиламчи линия кучланишлар учурчаги бир-бираига нисбатан 30^0 силжиган бўлади. Демак, улар ўртасида доимо a_1 a_2 кесма билан белгилана-

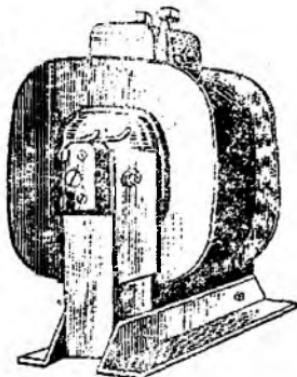
б)

95-расм, а, б

диган кучланиш бўлади (95-расм, а, б).

Диаграммадан $a_1 \cdot a_2 = 2a_1 \sin 15^0 = 0,52 a_1$ О бўлгани учун улар ўртасида ҳосил бўладиган ток номинал токдан катта бўлади.

Шунинг учун бир гуруҳга оид бўлмаган трансформаторларни параллел ишлатиб бўлмайди.



4.9. МАГНИТЛОВЧИ КУЧЛАР ТЕНГЛАМАСИ

Фараз қиласлилар, трансформатор салт иш режимида бўлсин (85-расм, а). Бу ҳолда трансформаторнинг биринчи чулғамидағи ток I_0 салт ишлаш токи деб юритилади. Салт ишлаш токи ёрдамида вужудга келган магнитловчи куч $I_0 W_1$ трансформаторнинг магнит ўтказгичида максимал момент оқимини $\Phi_m = \frac{I_0 W_1}{R_m} \sqrt{2}$ ҳосил қиласли, бунда R_m – магнит ўтказгичининг магнит қаршилиги; W_1 – бирламчи ўрамдаги чулғамлар сони.

Иккиламчи ўрамга ток нағрузка улайлик (86-расм, а га қаранг). Иккиламчи ўрамда I_2 ток ҳосил бўлади. Бирламчи ўрамдаги ток қиймати I_1 гача ортади.

Бундай пайтда магнит майдон оқими Φ_m иккита магнит куч I_1W_1 ва I_2W_2 таъсирида ҳосил бўлади. Шунингдек, оқимнинг ЭЮК ва ток частотаси билан боғлиқ бўлган қийматига кўра

$$\Phi_m = \frac{E_1}{4,44 W_1 f}$$

ёки $U_1 = (- E_1)$ эканлигини эътиборга олсак,

$$\Phi_m = \frac{U}{4,44 W_1 f}$$

бўлади.

Бу ифодадан шуни айтиш мумкинки, оқим Φ_m трансформаторнинг нағрузкасига боғлиқ эмас. Чунки U_1 кучланиш трансформаторига қанча нағрузка уланса ҳам ўзгармас бўлиб қолаверади. Юқоридаги ифодалардан

$$\sqrt{2} \cdot \frac{I_0 W_1}{R_m} = \sqrt{2} \frac{I_1 W_1 + I_2 W_2}{R_m}$$

ёки

$$I_0 W_1 = I_1 W_1 + I_2 W_2.$$

Бу ифода трансформаторнинг магнитловчи кучлар тенгламасидир. Бунда $I_0 W_1$ – трансформаторнинг магнит ўзагидан асосий магнит оқим ҳосил қилувчи магнитловчи куч.

4.10. ЎЛЧАШ ТРАНСФОРМАТОРИ

Ўлчаш трансформаторлари ҳозирги вақтда саноат ва техникада ўзгарувчан ток занжирларида электр ўлчов асбобларининг ўлчаш чегараларини кенгайиши ва юқори кучланиш тармоқларида шундай асбоблар билан ишлаш хавфсизлигини таъминлаш мақсадларида ишлатилмоқда.

Ўлчаш трансформаторлари ток трансформаторлари ТТ ва кучланиш трансформаторлари КТ га бўлинади.

Ток трансформаторлари катта қийматли ўзгарувчан токни кичик қийматли токка ўзгартириш учун хизмат қилади ва биринчи занжирда ток кучи номинал бўлганда иккиламчи чулрамдаги ток кучи 5 А бўладиган қилиб тайёрланади.

Ток трансформаторларининг бирламчи чулғами (95-расм, а) ток кучи ўлчанадиган линия симининг клеммасига нагрузка билан кетма-кет уланади; иккиламчи чулғами амперметр, ваттметр ёки счётчик каби асбобларга, яъни кичик қаршилики ўлчов асбобларга кетма-кет уланади.

Ток трансформаторининг иш режими одатдаги трансформаторнинг иш режимидан тубдан фарқ қилади. Одатда трансформаторда агар берилган кучланиш ўзгармас бўлса, нагрузка ўзарганда ўзакдаги магнит оқими ўзгармас деб ҳисобланади.

Агар одатдаги трансформаторда нагрузка қиймати, яъни иккиламчи чулғамда ток кучи камайтирилса, унда бирламчи чулғамда ток кучи камаяди, агар иккиламчи чулғам узилса, унда бирламчи чулғамда ток кучи салт ишлаш I_1 токигача камаяди.

Ток трансформаторининг трансформациялаш коэффициенти:

$$K = \frac{W_2}{W_1} = \frac{I_1}{I_2}.$$

Агар уловчи симлар ва чулғамларнинг қаршилиги трансформатор учун йўл қўйилган катталиқдан юқори бўлмаса, у ҳолда қўйидағича бўлади:

$$I_1 = K I_2.$$

Ток трансформатори ишлаганда унинг иккиламчи чулғами кичик қаршилики ўлчов асбобига уланади ва трансформаторнинг иш режими қисқа туташиш режимига яқин бўлади. Шунинг учун трансформатор магнит ўтказгичидаги магнит оқими камаяди.

Агар ток трансформаторининг иккиламчи чулғами узилса, унда бу чулғамда ток бўлмайди, бирламчи чулғамда эса ток кучи ўзгармай қолади, лекин одатдаги трансформаторда бўлгани каби камаймайди.

Шундай қилиб, ток трансформаторининг иккиламчи чулғами узилганда магнит ўтказгичда бирламчи чулғам токи қўзғаттан магнит оқими иккиламчи чулғам токининг магнитсизлантирувчи таъсирига дуч келмаслиги сабабли кўпайиб кетади. Демак, катта ўрамлар сонига эга бўлган иккиламчи чулғам изоляциясида трансформатор ишлашини кузатиб турувчилар учун хавфли бўлган юқори кучланиш ҳосил бўлади. Шунинг учун ток трансформаторининг иккиламчи чулғамидан ўлчов асбоблари олинганда мазкур чулғамни қисқа туташтириш лозим бўлади.

Ток трансформаторлари тузилиши ва ишлатилишига кўра стационар ва кўчма трансформаторларга бўлинади. 95-расм, б да ток трансформаторининг ташқи кўриниши тасвирангган.

Кучланиш трансформаторининг тузилиши оддий трансформаторларнинг тузилишидан унча фарқ қilmайди. Кучланиш трансформаторининг бирламчи чулғамига ўлчаниши лозим бўлган кучланиш, иккиламчи чулғамига эса ўлчаш асбоблари уланади (96-расм, а). 96-расм, б да кучланиш трансформаторининг ташқи кўриниши тасвирангган.

Ўлчаниши лозим бўлган кучланиш бирламчи чулғам орқали ўтганда унда унча катта бўлмаган ток ҳосил бўлади ва бу ток ферромагнит ўзакни магнитлайди.



96-расм, а, б

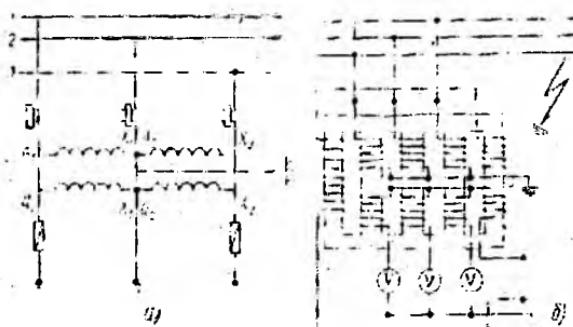
таъсирида иккиламчи чулғамда ЭЮК ҳосил бўлади. Трансформаторининг салт иш режими учун трансформациялаш коэффициенти:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2} = \frac{U_1}{U_2} = K.$$

Бундан ўлчаниши зарур бўлган U_1 кучланишни топиш мумкин:

$$U_1 = KU_2$$

бу ерда U_2 – вольтметрнинг кўрсатиши.



97 -расм, а, б

Уч фазали ток занжиридаги кучланишни иккита вольтметр ёки учта вольтметр ёрдамида ўлчаш мумкин (97-расм, а, б).

Кучланиш трансформаторлари 200... 2000 вольтампер қувватларга мўл

жаллаб ишланади. Унинг қуввати фақат трансформатор ва асбобларда содир бўлиши мумкин бўлган исрофларни қоплашга кетади.

Кучланиш трансформаторлари юқори кучланиш установкаларида ҳамда ўлчашасбоблари, шунингдек кучланиш релеси, частотометр, сигнал лампалари, фазометр ва электр счётиклари учун хизмат қиласди.

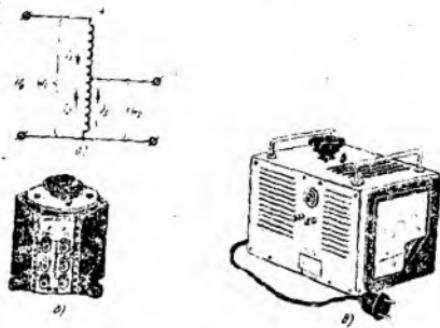
4.11. АВТОТРАНСФОРМАТОРЛАР

Амалда иккиламчи кучланиш U_2 бирламчи кучланиш U_1 дан кам фарқ қиласидиган ҳолларда автотрансформаторлардан фойдаланилади. Паст кучланиш чулғами юқори кучланиш чулғамининг бир қисми бўлган трансформатор автотрансформаторлар деб аталади.

Тузилиши жиҳатидан автотрансформатор одатдаги трансформаторга ўхшашидир. Пўлат магнитта тури кўндаланг кесимга эга бўлган симлардан тайёрланган икки чулғам жойлаштирилади. Чулғамлардан бирининг охирги уни бошиласининг бош уни билан уланади ва икки кетма-кет уланган чулғамлар умумий юқори кучланиш чулғамини ҳосил қиласди. Паст кучланиш чулғами сифатида автотрансформаторнинг юқори

ва паст кучланиш чулғамининг бир қисми ҳисобланган икки чулғамидан бири хизмат қиласи. Шундай қилиб, автотрансформаторнинг юқори ва паст кучланиш чулғамлари фақат магнит алоқасигагина эмас, балки электр алоқасига ҳам эгадир.

Автотрансформаторни рус электротехники Д.О. Доливо – Добровольский ихтиро қилган. Одатдаги трансформаторлар сингари автотрансформаторлар ҳам пасайтирувчи ва кучайтирувчи, бир фазали ва уч фазали бўлиши мумкин.



98 -расм, а, б, в

Бирламчи чулғамда олмасдан бирламчи ва иккиламчи чулғамда ток $I_2 = 0$ бўлади. Кучланиш пасайишининг ҳисобга иккиламчи чулғамлар ЭЮКларни қўйидагича ёзиш мумкин:

$$E_1 = U_1 = 4,44W_1 f \Phi,$$

$$E_2 = U_2 = 4,44W_2 f \Phi.$$

Автотрансформатор салт ишлаганда бирламчи ва иккиламчи чулғамлар кучланишларининг нисбати автотрансформаторнинг трансформациялаш коэффициенти дейилади:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2} = K.$$

Агар автотрансформатордаги энергия ҳисобга олинмаса:

$$U_1 I_1 = U_2 I_2 = P,$$

бундан

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{U_1}{U_2} = K; \quad I_2 = K I_1.$$

I_1 ва I_2 токларнинг қарама-қарши томонга йўналганлиги 98-расм, а да кўриниб турибди. Шунинг учун умумий I ток I_1 ва I_2 токларнинг айрмасига тенг, яъни $I = I_2 - I_1$.

Пасайтирувчи автотрансформаторларда I токи I_2 токининг йўналишида, кўпайтирувчи автотрансформаторда эса I_2 токига қарама-қарши йўналган бўлади. Автотрансформаторда чулғам сими ва пўлатнинг кам сарфланиши ФИК катталиги ҳамда энергиянинг деярли истроф бўлмаслиги уларнинг афзалликларидир.

Автотрансформатор чулғамлари симларининг оғирлиги ток зичлиги бир хил бўлганда трансформатор чулғамлари

симларининг оғирлигидан $\frac{K}{K-1}$ марта кам бўлади.

Автотрансформаторда ҳам иккита чулғам бўлади, лекин улардан бири (A – а қисми) $W_1 - W_2$ ўрамлар сонига эга бўлган, кўндаланг кесими I_1 ток кучига ҳисобланган симдан, бошқаси эса (a – x қисми) W_2 ўрамлар сонига эга бўлган, кўндаланг кесими $I_2 - I_1 = I$ ток кучлари айрмасига ҳисобланган симдан иборат.

Автотрансформатор магнит ўтказгич пўлатининг оғирлиги ва кўндаланг кесими трансформатор магнит ўтказгич пўлатининг оғирлиги ҳамда кўндаланг кесимидан кичикдир. Трансформаторда энергия бирламчи тармоқдан иккиламчи тармоқча чулғамлар орасидаги электромагнит алоқа туфайли магнит йўли орқали узатилади. Автотрансформаторда эса энергия бирламчи тармоқдан иккиламчи тармоқча қисман бирламчи ва иккиламчи тармоқнинг электр жиҳатидан уланганлиги эвазига (яъни электр йўли билан $P_{эл}$) узатилади. Трансформаторда энергиянинг узатилиш процессида магнит оқими иштирок этганлиги учун унинг электромагнит қуввати автотрансформаторнига нисбатан кам бўлади.

Актив нагрузкада автотрансформаторнинг фойдали иш қуввати қуидагига тенг бўлади.

$$P_2 = U_2 I .$$

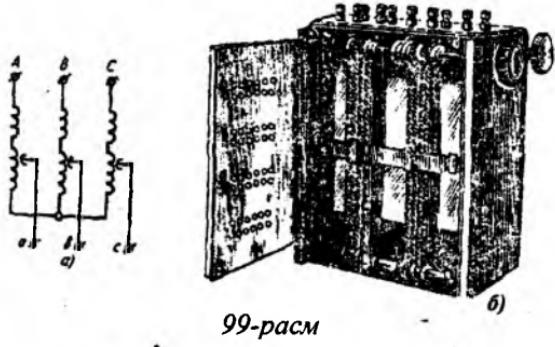
$I_2 = I_1 + I_h$ эканини назарда тутиб, қуидагига эга бўламиш:

$$P_1 = U_2 I_h + U_2 I = P_{эл} + P_{эм} ,$$

бунда $P_{эл}$ – магнит ўтказгич пўлатининг қуввати; $P_{эм}$ – кўндаланг аниқловчи автотрансформаторнинг электромагнит қуввати.

Автотрансформаторлар трансформаторларга нисбатан бир қатор афзаликларга эга бўлишига қарамай, баъзи камчиликлардан ҳоли эмас. Автотрансформаторларда қисқа туташиш қаршилиги кам. Қисқа туташиш токининг катта тармоқлари орасида электр боғланиш сабабли юқори кучланишнинг паст кучланиш тармоғига ўтиб кетиш эҳтимоли ҳам автотрансформаторнинг камчилиги ҳисобланади.

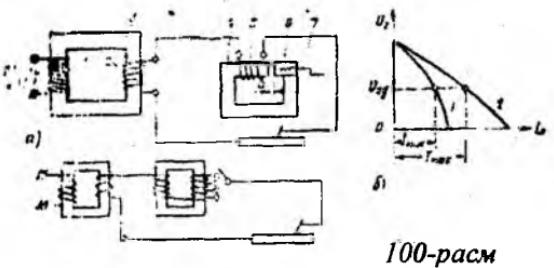
Амалда уч фазали автотрансформаторлар кенг қўлланилади. Уларнинг чулғамлари юлдуз усулида уланган бўлади (99-расм, а), 99-расм, б да бошқариладиган уч фазали автотрансформаторларнинг ташки кўриниши тасвирланган.



4.12. ПАЙВАНДЛАШ ТРАНСФОРМАТОРЛАРИ

Электр билан пайвандлашда ишлатиладиган трансформатор тармоқ кучланишини пасайтирувчи оддий бир фазали трансформатордир.

Пайвандлаш трансформатори электр тармоғининг юқори (220–380 В) кучланишини иккиласми электр занжирининг пайвандлаш учун керак бўлган паст кучланишга айлантириб беради, пайвандлаш кучланиши пайвандлаш ёйининг пайдо бўлиши ва турғун ёниши учун керак бўлган шароитлар билан аниқланади. Пайвандлаш трансформаторининг салт юришидаги (пайвандлаш занжирида нагрузка бўлмаганда) иккиласми кучланиш 60-75 В ни ташкил қиласди. Кучсиз токларда (60-100 А) пайвандлашда ёй барқарор ёниши учун салт юриш кучланишининг 70–80 В бўлиши етарли.



100-расм

ташқари күпайиб кетмаслиги учун трансформаторнинг иккиласми чулғам занжирида (пайвандлаш аппарати билан кетма-кет) индуктив қаршилиги катта бўлган сурилма пўлат ўзакли реактив фалтак уланади (100-расм, а). Реактив фалтакининг пўлат ўзаги қўзғалмас ва қўзғалувчан қисмлардан иборат бўлади.

100-расм, а да алоҳида дросселли трансформаторларнинг принципиал схемалари келтирилган. Энергия манбалари комплекти пасайтирувчи трансформатор ва дросセル (реактив фалтак регулятори) дан иборат.

Асоси магнит ўтказгич 3 (ўзак) дан иборат бўлган пасайтирувчи трансформатор жуда кўп юпқа трансформатор пўлатидан ясалган (0,5 мм қалинликдаги) пластинкалардан тайёрланган, бу пластинкалар ўзаро шпилъкалар билан бирлаштирилган. Магнит ўтказгич 3 да мис ёки алюминий симдан ясалган бирламчи 1 ва иккиласми 2 пасайтирувчи чулғамлар жойлашган.

Дросセル трансформатор пўлат листвларидан йифилган магнит ўтказгич 4 ва магнит ўтказгич ўралган мис ёки алюминий симлар 5 дан иборат бўлиб, бу симлар максимал катталиктаги пайвандлаш токи ўтишига мўлжалланган. Магнит ўтказгичнинг қўзғалувчан қисми 6 ни даста 7 билан айлантириладиган винт ёрдамида қўзғатиш мумкин.

Трансформаторнинг бирламчи чулғами 220 ёки 380 В кучланиши ўзгарувчан ток тармоғига уланади. Юқори кучланишли ўзгарувчан ток чулғам I орқали ўтиб ўзгарувчан магнит майдон ҳосил қиласди, бу магнит майдон таъсирида иккиласми чулғам 2 да паст кучланишли ўзгарувчан ток индукцияланади. Дросселнинг чулғами 5 пайвандлаш занжирига трансформаторнинг иккиласми чулғами билан кетма-кет уланади.

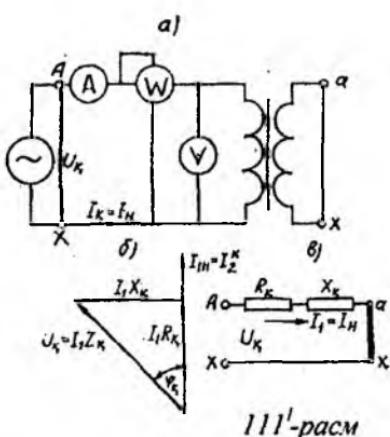
Бу кучланиш билан маълум шароитда турғун электр ёйи ҳосил қилинади. Пайвандлаш трансформатори одатда, қисқа туташиш шароитига яқин шароитда ишлайди. Қисқа туташиш токи ҳаддан

Пайвандлаш токининг катталиги магнит ўтказгич 4 нинг қўзғалувчан ва қўзғалмас қисмлари оралиғидаги ҳаво зазори ани ўзгартириш йўли билан ростланади (100-расм, а). Ҳаво зазори а катталаштирилганда магнит ўтказгичнинг магнит қаршилиги ортади, магнит оқими эса камаяди ва пайвандлаш токи кўпаяди. Ҳаво зазори а мутлақо бўлмаганди дросселни темир ўзаклиғатак деб қарап мумкин, бундай ҳолда ток каталигини минимал бўлади. Бинобарин, ток катталигини орттириш учун ҳаво зазорини катталаштириш (дросселдаги дастани соат стрелкаси йўналишида айлантириш), ток катталигини камайтириш учун эса ҳаво зазорини кичрайтириш (дросселдаги дастани соат стрелкасига қарама-қарши йўналишда айлантириш) керак. Пайвандлаш токини бундай йўл билан ростлаш пайвандлаш режимини бир текис ва кераклича аниқликда созлашга имкон беради. Пайвандлаш токи босқичма-босқич ростланадиган дросселнинг тузилиши (100-расм, б) пайвандлаш токининг катталигини қўзғалувчан контакт ёрдамида чулғамнинг маълум сондаги ўрамларини қўшиш йўли билан ўзгартиришга имкон беради. Бунда пайвандлаш токи ҳам босқичма-босқич ўзгартирилади. Дросселнинг магнит ўтказгичи бу ҳолда ажралмайдиган қилиб ишланади ва натижада унинг конструкцияси анча соддалашади.

Ҳозирги вақтда электр ёи билан пайвандлаш усулидан ишлаб чиқаришда кенг фойдаланилади. Реактив фалтакли пайвандлаш аппарати ҳар бир корхонада ишлатилади. Бунда битта трансформатор бир неча пайвандлаш аппаратини таъминлаши мумкин, лекин ҳар бир пайвандлаш аппарати ўзининг алоҳида реактив фалтагига эга бўлиши лозим. Реактив фалтак трансформатор характеристикасининг шаклига таъсир этади ва чизиқ эгрилиги кескин ортади (100-расм, б).

Пайвандлаш трансформаторининг индуктив қаршилиги анча катта бўлганилиги учун қувват коэффициенти кичкина бўлади.

4.13. ТРАНСФОРМАТОРНИНГ ҚИСҚА ТУТАШИШ ИШ РЕЖИМИ



тажрибасидан аниқланади (111¹-расм).

Трансформаторнинг қисқа туташиш тажрибасини ўтказиш мақсадида иккиламчи чулғамни қисқа туташтириб бирламчи чулғамга бериладиган кучланиш қиймати нолдан күпайтириб бориш лозим. Бундан трансформатор чулғамларидаги токнинг қиймати номиналга тенглашгунча бирламчи чулғамга бериладиган кучланиш қиймати күпайтирилиб борилади. Бу режимда номинал токларни ҳосил қиласидиган бирламчи чулғамга бериладиган кичик қийматли кучланишни қисқа туташиш кучланиши дейилади. Қисқа туташиш кучланишининг қиймати трансформатор шчитида күрсатилган бўлиб, кучланиши 35 кВ гача бўлган трансформаторларда $U_k = 5,5 - 7,5 \% U_n$; 110 кВ гача бўлганларда $U_k = 10,5 - 11,5 \% U_n$ бўлади.

Бу тажрибада трансформаторга берилган қувват унинг чулғамидаги мис симларнинг қизишига бефойда сарфланади. U_k қиймати паст бўлгани учун пўлат ўзакдаги қувват исрофи ҳисобга олинмаса ҳам бўлади. Бунда бирламчи чулғамга уланган ваттметр чулғамларнинг қизишига сарфланган қувват исрофини кўрсатади, яъни $P_m = P_{m1} + P_{m2} = (R_1 + R_2) I_{1H}^2$ бўлиб, $P_k = P_m -$

қисқа туташиш тажрибасидаги демак, чулғам мис симларининг қизишига сарфланган қувват истрофи.

Трансформаторнинг 111¹-расмда кўрсатилган вектор диаграммасини қуриш учун керак бўлган параметрларни ҳам қисқа туташиш тажрибасидан аниқлаш мумкин:

$$Z_K = \frac{U_K}{I_K}; \quad R_K = R_1 + R_2 = \frac{P_K}{I_K^2}; \quad X_K = X_1 = X_2^K = \sqrt{Z_K^2 + R_K^2};$$

$$\cos \phi_K = \frac{P_K}{I_K U_K}$$

электр энергиясини узатиш ва тақсимлашга мўлжалланган трансформаторлар учун $P_K = (1 \div 3,7) \% S_H$ бўлади.

4.14. ТРАНСФОРМАТОРЛАРНИ СОВИТИШ

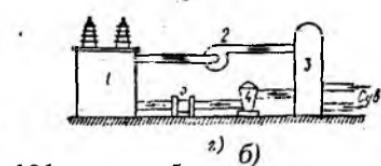
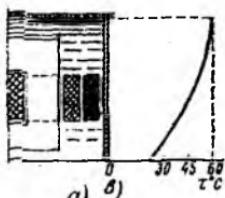
Трансформаторлар иш жараёнида қизийди. Шунинг учун улар ҳаво ёки мой билан совитиладиган қилиб ясалади.

Қуввати унча катта бўлмаган трансформаторлар ҳаво билан табиий совитилади. Бу трансформаторларда магнит ўтказгич ва чулғамларнинг сирти иссиқликни теварак-атрофдаги ҳавоға тарқатиш учун етарли бўлади, бунда трансформатор қисмларининг температураси рухсат этиладиган нормадан ортиб кетмаслиги лозим.

Ўрта ва катта қувватли трансформаторларда табиий совитиш етарли бўлмайди. Трансформаторларнинг қуввати ортганда улардаги истрофлар чизиқли ўлчамларининг кубига пропорционал равища кўпаяди, совитилиш сирти эса чизиқли ўлчамларнинг квадратига пропорционал тарзда ортиб боради. Бу ҳол совитишнинг анча самарали усулидан – мой билан совитиш

усулидан

фойдаланиш зарур иятини тудиради. Бунда магнит ўтказгич чулғамлар билан трансформатор



101-расм, а, б

мойи солинган бакка ботириб қўйилади. Мой трансформаторнинг чулғамлари ва магнит ўтказгичига тегиб исиди ва бакнинг юқори қисмiga кўтарилади. Уларнинг ўрнини совуқроқ мой эгаллайди. Юқорига кўтарилган мой бакнинг деворлари ва қопқоғига ўз иссиқлигини беради, совиган мой бакнинг пастки қисмiga тушади. Шундай қилиб, мойнинг тўхтовсиз айланиб турадиган оқими вужудга келади. Мойнинг исиган қисми доимо бакнинг юқори қисмiga интилганлиги сабабли мой температураси бу ерда ортиқроқ бўлади (101-расм, а). Совитишни кучайтириш учун магнит ўтказгич стерженларида вентиляция каналлари бўлади.

Қуввати 20-30 кВ дан юқори бўлган трансформаторларда бакларга қатор вертикал трубалар ўрнатилган бўлади. Бу трубалар совитгич-радиаторлар тарзида бирлаштирилади. Ветиляторлардан келаётган ҳаво оқими трансформаторнинг бак ва радиаторларига урилиб ўтиши туфайли иссиқлик тарқалишига қараб тезлашади. Ҳаво билан совитиш усулини қўллаш трансформаторнинг қувватини 30 фоиздан кўпроқ оширишга имкон беради.

Катта қувватли трансформаторларда сунъий усуlda ҳаво - мой ёки сув-мой билан совитиш ҳам қўлланилади. Қизиган мой насос воситасида бакнинг юқори қисмидан олинади ҳамда совутгич орқали ўтказилади, сунгра эса бакнинг пастки қисмiga берилади.

Ҳаво-мой билан совитиша совитгичга ҳаво урилади, сув-мой билан совитиша эса совутгични оқар сув юваб ўтади. 101-расм, б да сув-мой билан совитишнинг принципиал схемаси келтирилган. Трансформаторларнинг сув-мой билан сунъий совитиш усули, одатда етарли миқдорда оқар сув бўладиган гидростанцияларда қўлланилади. Трансформатор мойи яхши совитиш билан бирга чулғамларнинг электр изоляцияси анча ишончли бўлишини ҳам таъминлайди. Шунинг учун юқори кучланишда ишлайдиган барча трансформаторлар ҳамда айрим кам қувватли трансформаторлар мой билан совитилади.

Такрорлаш учун саволлар

1. Трансформатор деб қандай электр қурилмасига айтилади?
2. Трансформаторларнинг қандай турларини биласиз ва уларнинг ишлатилиш соҳаларини кўрсатинг?
3. Битта трансформаторнинг ўзидан кучланишни кучайтирувчи ва кучланишни пасайтирувчи трансформатор сифатида фойдаланиб бўладими?
4. Маълумки, қувват ортган сари трансформаторларнинг ўлчамлари катталашади ва уларнинг ф. и. к. кўпаяди. Нима учун қуввати катта трансформаторлар анча шиддатли совитишни талаб этади?
5. Трансформаторнинг иш режимида қайси чулғамда (бирламчи ёки иккиламчи) ток кўп бўлади: трансформация коэффициенти $K > 1$ бўлганда? $K < 1$ бўлганда?
6. Трансформаторнинг бирламчи ва иккиламчи чулғамлари тайёрланган чулғам симларининг кўндаланг кесим юзаси одатда бир-биридан фарқ қиласи. Бу фарқни нима билан тушунириш мумкин?
7. Бир фазали трансформатор 220 В кучланиш тармоғига уланган. Истеъмол қилинайган қувват 2,2 кВт иккиламчи чулғамдаги ток эса 2,5 А. Трансформация коэффициентини аниқланг?
8. Трансформатор 50 гц частотали электр тармоғига уланган. Ўзандаги магнит оқим амплитудаси $\Phi_m = 0,01$ вс, бирламчи чулғамдаги ўрамлар сони 100 E_1 э.ю.к ни аниқланг?
9. Автотрансформаторнинг трансформация коэффициенти 10 га teng. Чулғам ўрамларининг қандай қисми биринчи ва иккинчи занжирлар учун умумий бўлди?

В БОБ. ЎЗГАРУВЧАН ТОК ЭЛЕКТР МАШИНАЛАРИ АСИНХРОН ЭЛЕКТР ДВИГАТЕЛЛАРИ

5.1. УМУМИЙ ТУШУНЧАЛАР

Электр машиналари электр станцияларидан, саноат, транспорт, авиаация, автоматик ростлаш ва бошқариш системаларидан ҳамда турмушда кенг ишлатилади.

Электр машиналари механикавий энергияни электр энергияга ва аксинча электр энергияни механикавий энергияга айлантириб беради.

Механикавий энергияни электр энергияга айлантирувчи машиналар генераторлар деб, электр энергиясини механикавий энергияга айлантирувчи машиналар эса двигателлар деб аталади.

Ҳар қандай электр машинаси ҳам генератор, ҳам двигатель сифатида ишлатиш мумкин. Электр машиналарининг ўз энергиясининг йўналишини ўзгартириш хусусиятига қайтувчанлик дейилади.

Электр машинаси ток типига қараб ўзгармас ва ўзгарувчан ток машиналарига бўлинади. Ўзгарувчан ток машиналари бир фазали ёки кўп фазали бўлиши мумкин. Булардан энг кўп ишлатиладиганлари уч фазали синхрон ва асинхрон машиналардир.

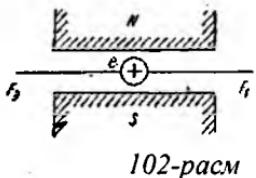
Электр машиналарининг ишлаш жараёни электромагнит индукция қонунига асосланган. Агар ўзгармас магнит ёки электромагнит қутблари орасида ўтказгич жойлаштириб, уни ҳаракатлантирилса, ўтказгичда қуидагича формула билан ифодаланган э.ю.к. ҳосил бўлади:

$$e = B \cdot v \cdot l$$

бу ерда B — магнит индукцияси; l — ўтказгичнинг актив узунилиги; v — магнит майдонида ўтказгичнинг ҳаракатланиш тезлиги.

Ўтказгичда индукцияланган ЭЮК йўналиши (расмда кузатувчидан расм текислигига қараб йўналган) ўнг қўл қоидасига асосан аниқланади (102-расм).

Агар ўтказгични бирор энергия



истеъмолчиси билан туташтирилса, бундай занжирда йўналиши ўтказгичдаги ЭЮК йўналиши билан бир хил бўлган ток ҳосил бўлади. Ўтказгичдаги ток I билан қутблар магнит майдонининг ўзаро таъсири натижасида йўналиши чап қўйл қоидаси билан аниқланадиган электромагнит куч F_3 ҳосил бўлади. Бу кучнинг йўналиши ўтказгичнинг магнит майдонида ҳаракатланадиган кучга қарама-қарши бўлади. Агар бу кучлар teng, яъни $F_1 = F_3$ бўлса, ўтказгич ўзгармас тезлик билан ҳаракатланади. Демак, бундай энг сода электр машинасида ўтказгични ҳаракатлантиришга сарфланган механикавий энергия ташки истеъмолчи қаршилигига берилган электр энергияга айланади, яъни машина генератор сифатида ишлайди. Худди шу электр машинаси двигатель сифатида ҳам ишлаши мумкин. Ўтказгични бирор ташки манбага улаб, ундан ток ўтказсак, ўтказгичдаги ток билан магнит майдонининг ўзаро таъсири натижасида электромагнит куч F_3 ҳосил бўлади. Бу куч таъсирида ўтказгич механикавий энергия истеъмолчини енгиг, магнит майдонида ҳаракатланади. Шундай қилиб, бу машина ҳар қандай электр машинаси каби ҳам генератор, ҳам двигатель сифатида ишлай олади.

ЭЮК ва электромеханикавий кучни ошириш учун электр машиналар кўп миқдордаги симлардан иборат бўлган чулғамлар билан таъминланади. Чулғам симлари ўзаро шундай уланадики, улардаги ЭЮК нинг йўналиши бир хил бўлиб, қийматлари эса қўшилади.

Электр машиналари асинхрон ва синхрон машина арга бўлинади. Энди электр машиналарининг ривожланиш риҳи ҳақида қисқача маълумот берайлик.

1831 йилда М. Фарадей томонидан электромагнит индукция қонуни аниқлангандан сўнг электрик машиналар ва трансформаторлар яратила бошланди.

Биринчи ўзгармас ток генератори ака-ука Пиксилар томонидан 1832 йилда яратилган, биринчи ўзгармас ток мотори эса В. С. Якоби томонидан 1834 йилда ясалган. Бу дастлабки генератор ва моторларда магнитавий майдон ўзгармас магнитлар билан ҳосил қилинган бўлса, 1860 йилларга келиб эса электромагнитлар билан ҳосил қилинди. Электрик машинанинг мотор ва генератор сифатида ишлаш имкони тўғрисида академик Ленцнинг 1833 йилда айтган фикри 1838 йилда исботланди.

Темир йўл транспортини электрлаштириш натижасида электрик моторлар ва генераторларга бўлган талаб жуда ҳам ортиб кетди.

Ўтган асрнинг 80-йиларида электр энергиясини узоқ масофаларга узатиш масаласи ўргата ташланади. 1882 йилда ўзгармас ток электр энергиясини узатиш биринчи тажрибадан ўтказилди. Аммо юқори кучланишли ўзгармас ток энергиясини коллекторли электрик машинадан олиш кўп ноқулайликларга эга. Бу эса электротехник олимларнинг ўзгарувчан токка қизиқишиларини яна ҳам ортириди.

Ўзгарувчан токдан амалий электротехникада фойдаланиш ва уни ривожлантиришда рус олими П. Н. Яблочковнинг жуда катта ҳиссаси бор. Бу олим ўзи яратган электрик лампаларга кенг равиша ўзгарувчан ток ишлатди.

Ўзгарувчан ток моторлари ишлаш принципининг асоси бўлмиш айланувчи магнитавий майдон ҳодисаси тўғрисида италиялик физик Г. Феррарис 1888 йилда биринчи бўлиб ўз мақоласини эълон қилди. Феррарис билан бир вақтда серб Н. Тесла ҳам айланувчи магнитавий майдон ҳодисасини кашф этиб, асосий икки фазали асинхрон моторни яратган. Аммо ўзгарувчан ток машиналари кенг миқёсда ривожланиши ва ишлатилишида М.О. Доливо – Добровольскийнинг хизмати жуда ҳам улкан. М.О. Доливо – Добровольский 1889 йилда уч фазали ток системаси, чулғамларини учбуручак ва юлдуз схемалари билан улаш, уч фазали асинхрон мотор ва уч фазали трансформаторни биринчи бўлиб кашф этган.

Шу пайтдан бошлаб саноат ва транспортни электрлаштириш жадал суръатлар билан ривожланиб кетди. Натижада электр станцияларининг қуввати орта борди, катта қувватли генератор ва трансформаторлар яратила бошланди. Агар 1900 йилларда генераторларнинг қуввати 5000 кВА дан ошмаган бўлса, 1920 йилда қуввати 60000 кВА бўлган турбогенераторлар яратилди.

Ҳозирги пайтда, водород билан совитиладиган, қуввати бир неча юз минг кВА бўлган турбогенераторлар яратилган.

5.2. АСИНХРОН ДВИГАТЕЛНИНГ ИШЛАШ ЖАРАЁНИ

Асинхрон двигатель – ҳозирги замон двигателларининг энг кўп тарқалган хилдир. Юксак техникавий ва иқтисодий қўрсаттичлари туфайли асинхрон двигатель саноат ва қишлоқ хўжалигида кенг ишлатилмоқда. Асинхрон двигателни биринчи бўлиб 1889 йили рус электротехники Д. О. Доливо – Добровольский кашф қилган.

Асинхрон двигатель тузилишининг соддалиги ва қулай ишлаши билан бошқа двигателлардан фарқ қиласди. Асинхрон двигатель икки қисмдан – статор ва ротордан иборат бўлади. Машинанинг қўзғалмас қисми статор деб, айланадиган қисми эса ротор деб юритилади.

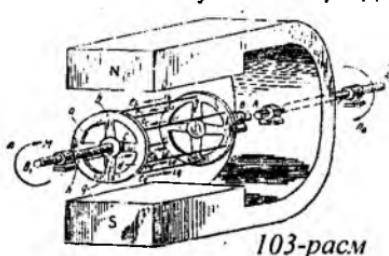
Ҳар қандай электр машинаси каби асинхрон двигатель ҳам қайтувчанлик хоссасига эга, яъни у ҳам генератор, ҳам двигатель бўлиб ишлай олади.

Бу асинхрон машинанинг двигатель режимида ишлашини, яъни электр энергияни механикавий энергияга айлантириш процессини кўриб ўтайлик.

Ўзгарувчан ток машинасининг ишлаш принципи айланувчи магнит майдонидан фойдаланишга асосланган. Чулгамдан уч фазали ўзгарувчан ток ўтганда бир минутдаги айланышлари сони $n_1 = 60 \frac{f}{P}$ бўлган айланувчи магнит майдони ҳосил бўлади.

Агар роторнинг айланиш тезлиги n_2 магнит майдонининг айланиш тезлиги n_1 га тенг бўлмаса ($n_2 \neq n_1$) бундай тезлик асинхрон тезлик дейилади.

Асинхрон двигатель фақат асинхрон тезлиқда, яъни роторнинг айланиш тезлиги магнит майдонининг айланиш тезлигига тенг бўлмаган ҳолда ишлайди.



Ротор тезлиги майдон тезлигидан жуда кам фарқ қилиши мумкин, лекин иш жараёнида у ҳар доим майдон тезлигидан кичик, яъни $n_2 < n_1$ бўлади.

Асинхрон двигателнинг ишлаш жараёни 103-расмда тасвир-

ланган электромагнит механизми асосида тушинтириш мүмкин.

Иккى қутбلى тақасимон магнит ўзгармас по тезлик билан $A - A_1$ ўқ атрофида айланмоқда, деб фараз қиласылар. Магниттинг қутблари ўртасида $B - B_1$ ўқда айланадиган барабан - ротор жойлаштирилган. Магнит майдоннинг куч чизиқлари роторнинг $a, b, c, \dots h$ стерженларини кесиб ўтиб, унда $e_A; e_B; e_h$ ЭЮК ларни ҳосил қиласы.

Бу стерженлар буйлаб $i_a; i_b; i_c; \dots i_h$ уюрма токлар йўналади.

Бу уюрма токлар билан доимий магниттинг магнит майдонининг ўзаро таъсири натижасида дискни айлантирувчи куч ҳосил бўлади. Ленц қонунига асосан ҳар қандай индукцион ток уни ҳосил қиласидиган сабабга қаршилик қиласидиган томонга қараб йўналган бўлади. Шу сабабли дискда ҳосил бўлган уюрма токлар магниттинг айланисини тўхтатишга интилади, лекин тўхтата олмаганидан диск магнитга эргашиб айланба бошлади. Бунда дискнинг айланиси тезлиги магнит майдоннинг айланиси тезлигидан доимо кам бўлади. Агар бирор сабаб билан бу тезликлар тенглашиб қолганда эди, дискни кесиб утган магнит майдон оқимлари ўзгармаган, натижада унда ҳеч қандай уюрма токлар ҳосил бўлмаган ва ниҳоят, дискни айланма ҳаракатга келтирувчан кучлар вужудга келмаган бўлади.

Асинхрон двигателларда айланувчи доимий магнит ўрнига айланувчи магнит майдони олинади: бу майдон статорнинг уч фазали чулғамидан уч фазали ўзгарувчан ток ўтганда ҳосил бўлади.

Статорнинг айланувчи магнит майдони ротор чулғами симларини кесиб ўтиб, уларда ЭЮК индукциялади. Агар ротор чулғами учлари бирор қаршилик орқали ёки ўзаро қисқа туташтирилса, бу индукцион ЭЮК ротор чулғамларида ток ҳосил қиласи. Ротор чулғамидағи ток билан статор чулғамининг айланувчи магнит майдонининг ўзаро таъсири натижасида ҳосил бўлган айлантирувчи момент роторни айланма ҳаракатга келтиради.

Роторнинг айланиси тезлиги доимо статор магнит майдонининг айланиси тезлигидан кичик бўлади.

Агар бирор пайтда роторнинг айланышлари сони статорнинг айланышлари сонига тенг бўлиб қолади, деб фараз қилинса, бу пайтда ротор чулғамининг симларини статор

майдонининг магнит чизиқлари кесмайдиган бўлиб қолади ва роторда ток бўлмайди. Бу ҳолда айлантирувчи момент нолга тенг бўлиб қолиб, роторнинг айланиш тезлиги (частотаси) статор майдонининг айланиш тезлигига нисбатан камайиб кетади.

Бу камайиш ваалдаги нагрузка моменти билан машинадаги ишқаланиш кучлари моменти йиғиндисига тенг бўлган тормозлаш моментини мувозанатловчи айлантирувчи момент ҳосил бўлгунча давом этади.

5.3. РОТОРНИНГ СИРПАНИШИ

Биз аввалги параграфда асинхрон двигателнинг ротори ҳамма вақт айланувчи магнит оқимидан орқада қолишини курдик. Магнит оқимининг айланиш тезлиги n_1 , роторнинг айланиш тезлигини эса n_2 ва роторнинг сирпанишини S билан белгиласак, роторнинг сирпаниши қўйидагича бўлади:

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100\%.$$

Роторнинг сирпанишини магнит майдонининг бурчак тезлиги ва роторнинг бурчак тезлиги орқали ҳам ифодалаш мумкин.

$$\omega_1 = \frac{2\pi n_1}{60}; \quad \omega_2 = \frac{2\pi n_2}{60},$$

бундан

$$n_1 = \frac{60\omega_1}{2\pi}; \quad n_2 = \frac{60\omega_2}{2\pi}.$$

Бу катталикларнинг (n_1 ва n_2) қийматларини сирпаниш формуласига қўйсак

$$S = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_1} \cdot 100\%.$$

Амалда роторнинг сирпаниши 1 дан 0 гача ёки 100 дан 0 гача ўзгаради. Ротор тинч турганда $n_2 = 0$ бўлади. Ротор оқим билан тенг айланаётган бўлса, $n_1 = n_2$ бўлади.

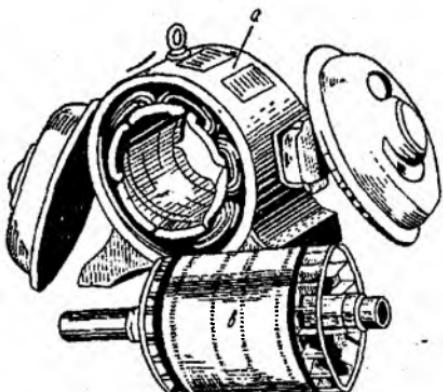
Валга қанча катта юклама берилса, тормозлаш моменти айлантирувчи момент билан мавозанатлашиб қолади.

Роторнинг сирпаниши двигателнинг қуввати P_2 га боғлиқ бўлади, яъни $P_2 = P_1 (1 - S)$.

Электр двигателни характерловчи катталиклардан яна бири валдаги юклама номинал бўлгандаги сирпаниш S дир.

Двигателнинг номинал юкламасига мос келадиган сирпаниш номинал сирпаниш деб юритилади.

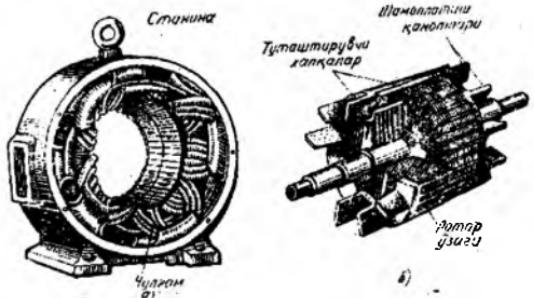
5.4. УЧ ФАЗАЛИ АСИНХРОН ДВИГАТЕЛНИНГ ТУЗИЛИШИ



104-расм

Асинхрон двигателнинг статори станинадан иборат бўлиб, унинг орасига пазлари бўлган пўллат цилиндр тарзидаги ўзак қўйилган. Пазларга статорнинг изоляцияланган симдан қилинган уч фазали чулгамлари жойланади. Статор чулғамишининг олтига учи (ҳар қайси фазанинг «боши» ва «охири» дан чиқарилган симлар) двигателнинг клеммалари шитига келтирилади.

Ҳар қандай асинхрон двигателнинг ротори валга жисп



105-расм

қилиб ўтказилган ўзакдан ҳамда чулғамдан иборат.

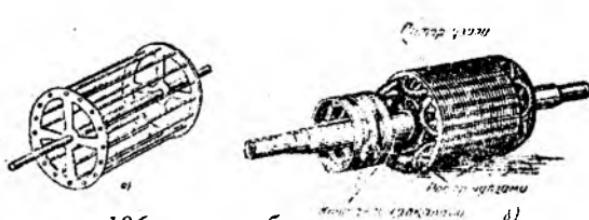
Роторнинг қисқа туташтирилган чулғами унинг пазларига жойланган изоляциясиз йўғон мис стерженлардан иборат.

Шу стерженларнинг ротор пазларидан иккала томонга чиқсан учлари ўзаро йўғон мис ҳалқалар билан туташтирилади. Шунинг учун ҳам бундай чулғам қисқа туташтирилган чулғам деб аталади. Шу хил чулғамлари бўлган ротор 104-расмда тасвирланган.

Асинхрон двигателлар ишлаб чиқариш технологиясини соддалаштириш учун кейинги вақтларда қисқа туташтирилган чулғамнинг стерженлари ва туташтирувчи ҳалқалари алюминийдан ясалмоқда. Бунинг учун алюминий суюқ ҳолатда ротор ўзаги турган қолипга қўйилади. Қолицда ҳалқалар ёнидан қўшимча равишда тор тирқишилар қолдирилади. Алюминий бу тирқишиларни тўлдиради ва бунинг натижасида роторнинг иккала томонида, ҳалқалардан ташқари, шамоллатувчи кичик қанотлар ҳосил бўлади (105-расм, а, б). Ротор айланаштирилганда бу қанотлар двигателни совитиб туради.

Алюминий чулғамининг ҳалқалари стерженлари индукцияланган токни яхши ўтказади ва шу билан бирга, ротор ўзагини ҳосил қилувчи пўлат дискларни бир-бирига маҳкамлаб туради.

Фаза роторининг чулғамлари двигатель статорининг чулғамига ўхшайди. У ҳам уч фазали чулғамлардан иборат; шу чулғамларнинг учта уни ротордаги бир нуқтага, қолган уни эса



106 –расм, а, б.

дан изоляцияланган (106-расм, а, б). Бу хил двигателлар контакт ҳалқали двигателлар деган ном-олган.

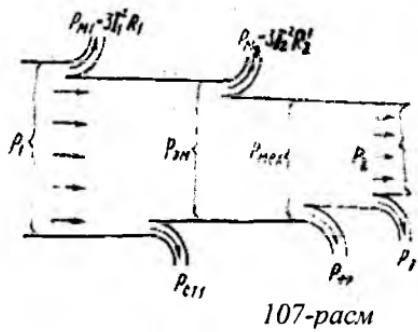
Двигателни юргизиб юбориш вақтида ротор ҳалқаларига кўмир чўткалар сиқиб қўйилади; бу чўткалар уч секцияли юргизиб юбориш реостати билан бириктирилади. Секциялар ротор чулғамининг ҳар бир фазасига биттадан тўғри келади.

учта контакт ҳалқаларига бириктирилади. Бу ҳалқалар ротор валига маҳкамланган бўлиб, бир-бирларидан ва вал-

5.5. АСИНХРОН ДВИГАТЕЛНИ АЙЛАНТИРУВЧИ МОМЕНТИ

Асинхрон двигателнинг айлантирувчи моменти статорнинг айланувчи магнит майдони билан ротор чулғами симларидағи токларнинг ўзаро таъсири натижасида ҳосил бўлади. Шунинг учун айлантирувчи момент статорнинг магнит оқими Φ_m га ҳам, ротор чулғамидағи ток I_2 га ҳам боғлиқ. Лекин айлантирувчи моментнидвигателнинг тармоқдан олган актив қувватигина ҳосил қиласди. Шунинг учун айлантирувчи момент ротор чулғамидағи ток I нинг ҳаммасига эмас, балки унинг актив ташкил этувчиси $I_2 \cos \varphi_2$ га боғлиқ бўлади, бу ерда φ_2 – ротор чулғамида ЭЮК билан ток орасидаги фазалар фарқи.

Асинхрон двигатель ишлабётганда статор олган қувват P_1 валга берилабётган механикавий қувват P_2 га айланади. Бунда двигателда энергия исрофи рўй беради: P_{ct1} – статор пўлатида; P_{t1} – статор чулғамида; P_{t2} – ротор чулғамида ва ҳ.к.



Электр қуввати P_1 нинг двигатель валидаги механикавий қувват P_2 га айланыш жараёнини қўйидаги энергетик диаграмма асосида тушунтириш мумкин (107-расм).

Диаграммада: P_{em} – электромагнит қувват; P_{mech} – двигателнинг фойдали механикавий қуввати.

Двигателнинг айлантирувчи моментини электромагнит қувват ёки механикавий қувват орқали аниқлаш мумкин.

$$\text{момент} \quad M = \frac{P_{em}}{\omega_1}; \quad M = \frac{P_{mech}}{\omega_2}$$

бу ерда ω_1 – магнитавий оқимнинг айланыш бурчак тезлиги, ω_2 – роторнинг айланыш бурчак тезлиги.

Энергетик диаграмма бўйича ротордаги энергия исрофи қўйидагича бўлади:

$$P_{m2} = m_1 I_2^2 R_2 = P_{\omega u} - P_{\omega ex} = M \omega_1 - M \omega_2 = \\ = M(\omega_1 - \omega_2) \frac{\omega_1}{\omega_2} = M \omega_1 \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_2} = M \omega_1 S = P_{\omega u} \cdot S \quad . \quad (5.1)$$

Бундан

$$M = \frac{m_1 I_2^2 R_2}{\omega_1 S} \quad (5.2)$$

$$\frac{I_2 R_2}{S} = E_2 \cos \psi_2 \text{ эканлигини эътиборга олсак,}$$

$$M = \frac{m_2 E_2 \cos \psi_2}{\omega_1} \quad (5.3)$$

$$E_2 = 4,44 f_1 W_2 K_2 \Phi I_2 \quad (5.4)$$

эканлиги маълум, бу ифодани (5.3) формулага қўйиб ёзсан:

$$M = \frac{4,44 m_2 W_2 K_2 f_1 \Phi I_2 \cos \psi_2}{\omega_1}$$

ёки

$$M = K_m \Phi I_2 \cos \psi_2 = K_m \Phi I_2$$

ҳосил бўлади.

Бу ерда $K_m = \frac{4,44 m W_2 K_2 f_1}{\omega_1}$ бериладиган двигател учун

доимий катталиқдир.

Демак, асинхрон двигателнинг айлантирувчи моменти магнит оқимига ва токнинг актив ташкил этувчисига пропорционал экан.

Айлантирувчи моментнинг кучланишга боғлиқлигини топиш учун (5.2) ифодага токнинг қийматини қўямиз.

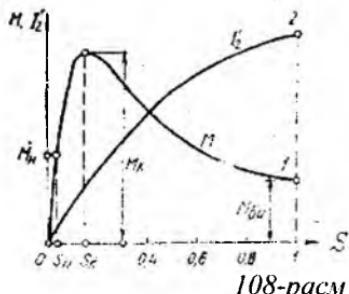
Ү ҳолда айлантирувчи момент:

$$M = \frac{m_1}{\omega_1} \cdot \frac{U_1^2 \cdot R_2}{S[(R_1 + \frac{R_2}{S})^2 + (x_1 + x_2)^2]} \quad (5.5)$$

Қаршилик R_1 нинг қиймати $\frac{R_2}{S}$ га нисбатан ҳисобга

олмасак ва $\omega_1 = \frac{2\pi f_1}{P}$ ни эътиборга олиб (5.5) ни қуидагича ёзиш мумкин.

$$M = \frac{Pm_1}{2\pi} \cdot \frac{U_1^2}{f_1} \cdot \frac{R_2}{S[(\frac{R_2}{S})^2 + (x_1 + x_2)^2]} \quad (5.6)$$



Демак, S юклама ўзгариши билан ўзгаради: юклама ўзгарса M_2 камаяди, S ортади. Айлантирувчи моментнинг сирпанишга боғлиқ бўлиш графиги характеристидир (108-расм). Буни чизиш учун (5.5) тенгламадан фойдаланамиз. Максимал ёки критик айлантирувчи момент M_{kp} ни топиш учун (5.6) тенгламадан сирпаниш бўйича ҳосила оламиз ва уни нолга деб фараз қиласиз:

$$\frac{dM}{dS} = \frac{Pm_1 U_1^2}{2\pi f_1} R_2 \frac{-[-(\frac{R_2}{S})^2 + (x_1 + x_2)^2]}{[(\frac{R_2}{S})^2 + (x_1 + x_2)^2] \cdot S^2} \quad (5.7)$$

Критик сирпанишни топиш учун (5.7) ифодадан

$$(\frac{R_2}{S})^2 + (x_1 + x_2)^2 = 0$$

деб оламиз.

У ҳолда

$$S_{kp} = \pm \frac{R_2}{x_1 + x_2}. \quad (5.8)$$

Ишора « + » бўлса, асинхрон машина двигатель режимида « - » бўлса, генератор режимида ишлайди.

(5.8) ифодани (5.6) ифодага қўйиб критик моментни топиш мумкин:

$$\begin{aligned} M_{kp} &= \frac{Pm_1}{2\pi} \cdot \frac{U_1^2}{f} \cdot \frac{R_2}{\frac{R_2}{x_1 + x_2} \left[\left(\frac{R_2(x_1 + x_2)}{R_2} \right)^2 + (x_1 + x_2)^2 \right]} = \\ &= \frac{Pm_1}{2\pi} \cdot \frac{U_1^2}{f_1} \cdot \frac{1}{2(x_1 + x_2)}. \end{aligned} \quad (5.9)$$

Демак, критик момент кучланиш U_1 нинг квадратига тўғри пропорционал ва статор ҳамда роторнинг индуктив қаршилигига, частота f га боғлиқ экан.

$M = f(S)$ ни характеристлаш учун (5.8) ни (5.9) га бўламиз.

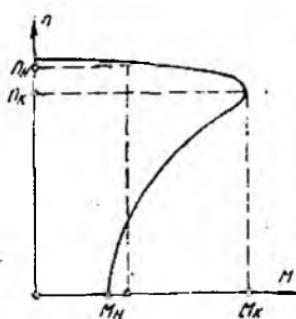
$$\frac{M}{M_{kp}} = \frac{2(x_1 + x_2)R_2}{S \left[\left(\frac{R_2}{S} \right)^2 + (x_1 + x_2)^2 \right]}$$

ёки

$$M = \frac{\frac{2m_{kp}}{R_2} \cdot \frac{1}{S} + \frac{x_1 + x_2}{R_2} \cdot S}{\frac{x_1 + x_2}{S}} = \frac{2M_{kp}}{\frac{S_{kp}}{S} + \frac{S}{S_{kp}}}. \quad (5.10)$$

Критик сирпаниш (5.8) роторнинг актив қаршилигига боғлиқ, $M = f(S)$ боғланиши асинхрон двигателнинг механикавий характеристикаси дейилади. У муҳим аҳамиятга эга.

5.6. АСИНХРОН ДВИГАТЕЛНИНГ ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИ



109-расм
двигателнинг механик характеристикаси дейилади.

Сирпаниш $S = 1$ га тенг бўлганда двигателнинг юргизиш моменти қуидагига тенг бўлади:

$$M_{io} = \frac{28,6}{n_0} \cdot \frac{U_1^2 R_2}{[(R_1 + R_2)^2 + x_k^2]} \quad (5.11)$$

Двигателнинг юргизиш моменти статик моментдан катта, яъни $M_{io} > M_c$ бўлса, ротор айлана бошлайди. Айлантирувчи момент статик моментга тенглашгунча роторнинг айланиш тезлиги орта боради. Сўнгра двигатель тургун ишлай бошлайди.

Айлантирувчи момент индуктив қаршиликка ҳам боғлиқ, бундап ташқари двигателнинг тезлиги ортган сари сирпаниш камая боради.

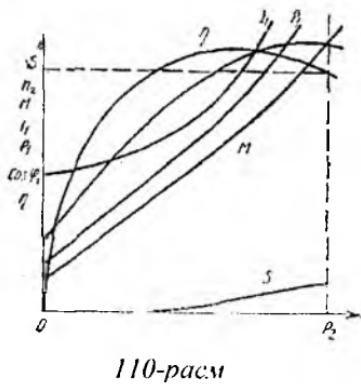
Сирпаниш $S = 0$ бўлса, айлантирувчи момент ҳам $M = 0$ бўлади.

Сирпаниш S нинг, ротор айланишлар сони n_2 нинг, ҳосил қилинган момент M нинг, истеъмол қилинадиган ток кучи I_1 нинг сарфланадиган қувват P_1 нинг, қувват коэффициентини $\cos\varphi$ ва ФИК η нинг двигатель валидаги фойдали қувват P_2 га боғланишини кўрсатувчи графиклар асинхрон двигателнинг иш характеристикалари ҳисобланади. Бу характеристикалар (110-расм) двигателнинг табиий иш шароитида, яъни f частота ва тармоқнинг U_1 кучланиши катталиги ўзгармайдиган ҳамда фақат двигателнинг валидаги юклама ўзгарадиган шароитдагина олинади.

Сирпаниш қийматининг нолдан биргача ўзгаришида двигателнинг айлантирувчи моментини аниқлаб, $M(S)$ боғланиш графигини чизиш мумкин (108-расм). Шунингдек,

$$n = n_0 (1 - S) = \frac{60 f_1}{P} (1 - S)$$

формулани ҳисобга олиб n (M) графигини қуриш мумкин (109-расм). $M(S)$ нинг M (n) га боғлиқлиги асинхрон



Олинган маълумотлар асосида $\eta_1, n_2, M, \cos\varphi_1$ ва $I_1 = f(P_2)$ эгри чизиклар қурилади (110-расм).

Двигатель иш характеристикаларининг баъзилари билан танишиб чиқамиз:

1. Тезлик характеристикаси, яъни боғланиш эгри чизиги $n_2 = f(P_2)$, бунда n_2 қуийдагича аниқланади: $n_2 = n_1(1 - S)$.

Сирпаниш

$$S = \frac{P_{ml}}{P_{zm}}$$

га тенг бўлади.

Демак, асинхрон двигателнинг сирпаниши чулғамда исроф бўлган қувватнинг электромагнит қувватга нисбати билан аниқланади.

Двигатель салт ишлаганда ротор чулғамида исроф бўлган қувват электромагнит қувватга қараганда жуда кичик ($P_2 = 0$) бўлади, у ҳолда $S = 0$ ва $n_2 = n_1$ бўлади.

Юклама ортиши билан сирпаниш қиймати ортади ва юклама номинал бўлгандаги қийматига эришади. Демак, двигатель номинал юклама билан ишлаганда $\frac{P_{ml}}{P_{zm}} = 1 \pm 6\%$ бўлади.

Шунинг учун $n_2 = f(P_2)$ боғланиш абцисса ўқи томон бир оз эгилган бўлади.

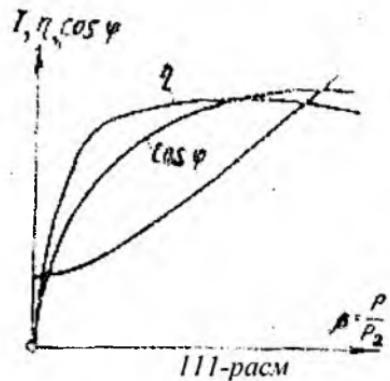
2. Двигатель айлантирувчи моментининг фойдали қувват билан боғланиш эгри чизиги $M = f(P_2)$; бунда M нинг номинал қиймати

$$M_{ll} = \frac{P_2}{\omega} = \frac{60 P_2}{2 \pi n_1}$$

3. Қувват коэффициентининг фойдали қувват билан боғланиш эгри чизиги $\cos\varphi_1 = f(P_2)$

Бунда асинхрон двигатель қувват коэффициентининг двигатель юкламаси катталигига боғлиқлиги тасвиранади. Юклама номинал қийматга яқин бўлса, қувват коэффициенти энг катта қийматга эришади.

4. Фойдали иш коэффициентининг фойдали қувват билан боғланиш эгри чизиги $\eta = f(\beta)$.



111-расм

Бунда двигателнинг фойдали қуввати P_2 ни аниқлаш учун у оладиган қувват P_1 дан ΔP ни айриш керак бўлади. Юкламанинг ҳар хил қиймати учун қувватлар аниқланади ва $\eta = f(\beta)$ эгри чизиги чизилади (111-расм).

5.7. РОТОРНИНГ АЙЛАНИШ ТЕЗЛИГИНИ ЎЗГАРТИРИШ

Статордаги айланувчи магнит майдоннинг айланыш сонини n_1 билан, роторнинг айланышлар сонини n_2 билан белгилаймиз, у ҳолда асинхрон двигатель роторининг тезлигини қуидагича ифодалаш мумкин.

$$n_2 = n_1 (1 - S) = \frac{60 f_1}{P} (1 - S).$$

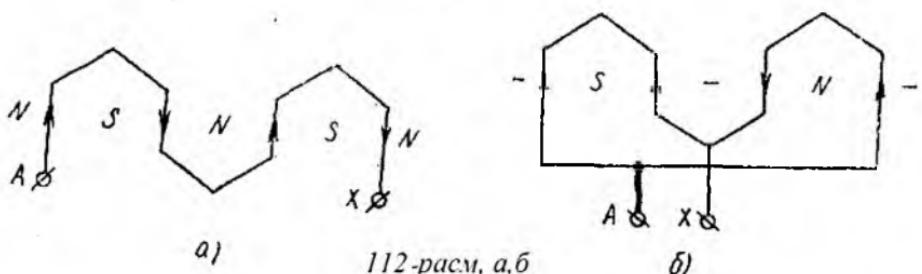
Асинхрон двигателнинг айланыш тезлигини ўзгартириш учун:

- жуфт қутблар сони P ни ўзгартириш;
- статорга берилаётган ток частотасини ўзгартириш;
- роторнинг сирпаниши S ни ўзгартириш зарур.

Статор чулғамининг жуфт қутблар сони P ни ўзгартириш билан двигателнинг айланыш тезлигини ўзгартириш мумкин. Бунда агар токнинг частотаси ўзгармас бўлса, асинхрон тезликнинг қиймати жуфт қутблар сонига тескари пропорционал

бўлади. Жуфт қутблар сони қанча кам бўлса, двигателнинг айланиш тезлиги шунча катта бўлади.

Статор чулгамининг жуфт қутблар сонини фақат маҳсус двигателлардагина ўзгартириш мумкин. Айрим асинхрон двигателнинг статор чулғами жуфт қутблар сони р ни ўзгартиришга мослаб тайёрланади (112-расм, а, б).



112-расм, а да статор битта фазасининг кетма-кет уланган икки жуфт қутблар сони, 112-расм, б да эса шу фазадаги жуфт қутблар сонининг параллел уланиши кўрсатилган. Агар схема 112-расм, а дагидек уланса, статор майдонининг айланиш тезлиги $n_1 = 1500$ айл./мин., 112-расм, б дагидек уланганда эса $n_2 = 3000$ айл./мин бўлади.

Айланишлар сонини бундай ўзгартириш қисқа туташтирилган роторли двигателларда қўлланилади.

Фаза роторли двигателлар учун бу усул қуладай эмас, чунки бундай двигателларда чулғамлар сонини ўзгартиришга тўғри келади.

Статор чулғамининг жуфт қутблар сонини ўзгартириш билан айланиш тезлигини ўзгартиришнинг камчилиги шуки, бу усулда тезлик пропорционал ўзгаради. Бундан ташқари, двигателнинг габарити ҳам катталашиб кетади.

Двигателдаги магнит майдонининг тезлиги статорга берилаётган ток частотасига пропорционалdir, яъни

$$n_1 = \frac{60f}{P}.$$

Ток частотаси доим ўзгармас бўлади. Шунинг учун ток частотасини ўзгартириш йўли билан двигателнинг айланиш тезлигини ўзгартиришда маҳсус частота ўзгартиргичлар

құлманилади ёки бунда двигателга ток берадиган синхрон генератор ток частотасини үзгартыриш билан эришилади.

Бу усул амалда жуда кам құлланилади, чунки частота үзгартырғичларнинг габарити катта ва уларни тайёрлаш қимматга тушади.

Роторнинг сирпаниш коэффициентини үзгартыриш билан айланиш тезлигини үзгартыриш мүмкін. Бундай двигателде ротор занжирининг актив қаршилиги үзгарса, унинг сирпаниши үзгараади. Двигателнинг сирпаниши ротор занжирининг актив қаршилигига бағыт, яъни

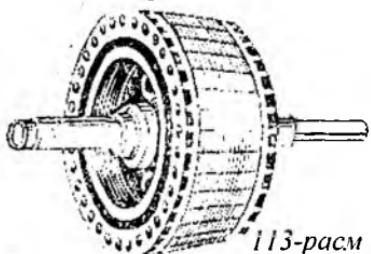
$$S = \frac{I^2 R_a}{\omega M} .$$

Ротор занжирига реостат уланса, тезлик бир текис үзгараади, лекин бунда двигателнинг ФИК камаяди. Ҳақиқатдан 5.6-ғда күрганимиздек, двигательнинг механик қуввати сирпаниш S ортиши билан камайиб боради. Бундай усул фақат фаза ва роторли двигателларда құлманилади холос.

5.8. АСИНХРОН ДВИГАТЕЛЛАРНИ ИШГА ТУШИРИШ

Қисқа тутаңған роторли асинхрон двигательни бириңчи бўлиб 1889 йили рус электротехники М.О. Доливо – Добровольский кашф қилган.

Бундай двигателнинг роторида пўлат ўзак пазларига изоляциясиз мис ёки алюминий симлар ёки стерженлар жойлаштирилади. Бу стерженларнинг учлари икки томондан маҳсус ҳалқаларга кавшарланади. Ротор пазларида ётган стерженларни ва стержень учларини бирлаштирувчи ҳалқаларни ундан чиқариб олинса, «олмахон ҳалқаси» ҳосил бўлади.



113-расм

Пўлат пластинкалари кўринади. Ярим очиқ пазли роторда шу

«Олмахон ҳалқаси»нинг стерженлари ёки роторнинг симлари қисқа туташган бўлса, бундай двигатель қисқа туташган роторли асинхрон двигатель дейилади (113-расм). Пазлари ёпиқ ротор ўқса ўрнатилган цилиндр шаклида бўлиб, унинг устида фақат

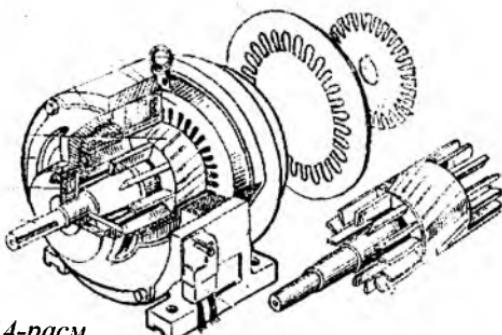
пластинкалар ва узунасига йўналган стерженлар устунининг бир қисми кўринади.

Куввати 100 кВт гача бўлган асинхрон двигателларда «олмахон ҳалқаси» алюминийдан тайёрланади. Ротор темир ўзагининг пазларига эритилган алюминий қўйилади.

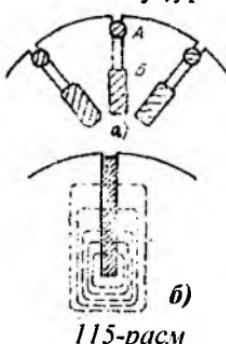
Одатда, асинхрон двигатель «олмахон ҳалқаси» билан бирга ишлаганда совитишга ёрдам берадиган қўйма қанотчалар ясалади. «Олмахон ҳалқаси»нинг стерженлари ёки симлари темир ўзакдан изоляцияланмайди, чунки туташган мис ёки алюминий симнинг электр ўтказувчанилиги пўлат ўзак электр ўтказувчанилигидан ўн марта катта бўлади, шунинг учун

стерженларни изоляциялашнинг аҳамияти бўлмайди. Стержень ва ҳалқалари қўйма алюминий бўлган роторнинг тузилиши содда, енгил, нархи арzon, ишлаб чиқариш технологияси мураккаб бўлмайди. Қисқа туташган роторли асинхрон электр двигателнинг тузилиши 114-расмда тасвирланган.

114-расм



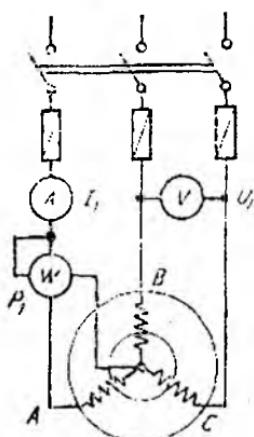
Қисқа туташган роторли асинхрон двигателларнинг ишга тушириш характеристикаларини яхшилаш учун роторнинг конструкцияси ўзгартирилади. Бу мақсадда қисқа туташган қўш чулғамли ва чуқур ариқчали роторлар ишлатилади. (115-расм, а, б).



115-расм

Қисқа туташган қўш чулғамли ва чуқур ариқчали двигателларнинг ишга тушириш моменти одатдаги қисқа туташган двигателларницидан катта бўлади. Ишга тушириш токи эса кам бўлади. Лекин бу двигателларнинг иш характеристикалари одатдаги қисқа туташган чулғамли двигателларницидан ёмон, чунки ротор чулғамларида сочиувчи оқим, яъни индуктив қаршилик катта бўлиб, двигателнинг ФИК бир оз камроқ бўлади.

Қисқа туташган роторли асинхрон двигателларнинг роторига құшымча қаршилик, яғни ишга тушириш қаршилиги улаб бўлмайди.

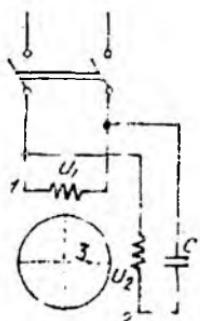


116-расм

$$M_u = \frac{28,6U_1(R_2 + R_k)}{n_0[(R_1 + R_2 + R_k)^2 + X_k^2]} = \frac{28,6U_\phi(R_1 + R_k)}{n_0[(R_2 + R_k)^2 + X_k^2]}$$

Құшымча R_k ортиши билан двигателнинг критик сирпаниши (108-расмдаги $M(S)$ эгри чизиқ үнг томонга силжиди) ва ишга тушириш моменти ортади. $M_u = M_{kp}$ қийматларига teng бўлганда құшымча қаршилик R_k нинг қиймати қўйидагига teng бўлади:

$$R_k = X_k - R_2; \quad R_k = \frac{R_k^1}{K^2}$$



117-расм

Кичик ва ўрта қувватли двигателларни ишга тушириш учун улар тармоқса бевосита уланаверади (116-расм).

Асинхрон двигателнинг ишга туширишда унинг занжирига құшымча қаршилик уланса, ишга тушириш токи камаяди, ишга тушириш моментининг қиймати ҳортади. Ишга тушириш токи ва ишга тушириш моменти қўйидаги формулаардан топилади.

$$I_u = \frac{U_\phi}{\sqrt{(R_1 + R_2 + R_k)^2 + X_k^2}} = \frac{U_1}{\sqrt{(R_2 + R_k)^2 + X_k^2}}$$

5.9. ИККИ ФАЗАЛИ АСИНХРОН ДВИГАТЕЛЬ

Икки фазали ток ёрдамида ҳам айланувчи магнит майдон ҳосил қилиш мумкин. Икки фазали ток ёрдамида магнит майдон оқими ҳосил қилиш учун двигатель статорида бир-биридан 90° бурчакка силжиган АХ ва ВУ иккита чулғам жойлаштирилади (117-расм).

Чулғамлардан ұтадиган токлар (I_1 ва I_2) ҳам бир-биридан 90° бурчакка сиљкійди. Статор Т давр давомида айланувчи магнит оқими ҳосил қиласы. Бу магнит оқимининг иккита қутби бұлады. Ҳар бир фазадаги чулғамлар сони икки марта орттирилса, магнит оқими түрт қутбلى бұлады. Айлантирувчи магнит оқимининг айланиш тезлигі эса икки марта камаяды.

116-расмда икки фазали асинхрон двигателининг уланиш схемаси тасвиrlанған. 117-расмда статор токларининг фаза сиљкішини ҳосил қилиш учун чулғамларнинг бирига коденсатор кетма-кет уланади. Бундай двигателларнинг роторини ҳам ревирсирлаш мүмкін. Чунонча, токнинг йұналишини ұзгартириш билан роторнинг айланиш йұналишини ұзгартириш мүмкін. Бу эса икки фазали асинхрон двигателларни автоматикада кенг құлланилишига сабаб бўлмоқда.

5.10. БИР ФАЗАЛИ ДВИГАТЕЛЛАР

Бир фазали двигателлар турмушда күп ишлатилади. Бир фазали двигателларнинг асосий қисмлари статор ва ротор. Улар уч фазали двигателларнинг статори ва ротори сингари тузилган.

Бир фазали двигатель статорининг пазларига айлана бўйлаб оралатиб чулғам жойлашған бұлады. Ұзгарувчан ток шу чулғамдан ұтаётганда, двигателда айланувчи магнит майдон ҳосил бўлмай, балки пульсланувчи магнит майдон ҳосил қиласы. Бу майдон двигатель роторини жойидан қўзғата олмайди. Қўзғатиш учун ташқи механик куч керак бўлади.

Бир фазали двигатelda айлантирувчи магнит майдон ҳосил қилиш учун ёрдамчи чулғамлар ва чулғам симларидағи индуктивликдан фойдаланилади.

Ұзгарувчан токнинг битта фазасидан параллел тарзда иккала чулғамга ток берилганды, юргизиб юбориш чулғамида кучланиш билан ток максимумга деярли бир вақтда эришади, ваҳоланки, айни шу чулғамида ток орта бориб, максимумга эришади. Агар бу чулғамлар бир-бирининг ёнида бўлмай, балки статор айланаси бўйлаб бир-биридан бироз нарида эканлигини ҳисобга олинса, у ҳолда максимал магнит майдон даставвал, юргизиб юбориш чулғамининг қутблари ўртасида, сұнgra (даврнинг маълум қисмидан кейин) иш чулғамининг қутблари ўртасида ҳосил бўлиши равшан бўлиб қолади.

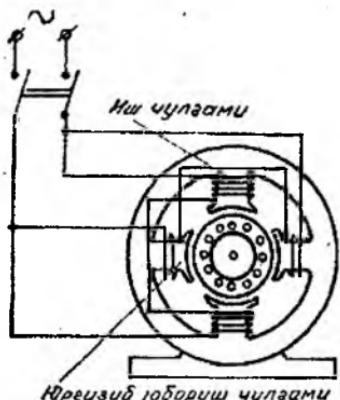
Бир фазали асинхрон двигателлар тайёрланаётганда (118-расм) уларнинг статорларида иккала чулғамнинг ўтказғышлари қутблар

устига қўйилмай, балки статорнинг учидаги бўйлама пазларга бир-бирига бир оз нари қилиб жойланади. Чулғамлар шундай жойлаштирилганда ҳалқасимон яхлит статорда айланувчи магнит майдонни юзага келтирувчи маълум жуфт сондаги қутблар ҳосил бўлади.

Бир фазали двигателларнинг статорида айланувчи магнит майдон ҳосил қилиш учун бошқача усуллар ҳам қўлланилади, лекин уларнинг ҳаммаси ҳам фазалар силжиши ҳодисасидан фойдаланишга асосланади.

Бир фазали двигатель роторининг айланиш тезлиги асосан двигатель оладиган ўзгарувчан ток частотасига ва қутблар сонига боғлиқ, бу тезлик двигатель юкламаси ўзгарганда бир оз ўзгариади.

Асосан қуввати унча катта бўлмаган бир фазали асинхрон двигателлар ишлаб чиқарилади. Улар саноатда жуда кам қўлланилади, чунки бу двигателларнинг фойдали иш коэффициенти паст бўлиб, айнан уларнинг қувватига тенг қувватга эга бўлган уч фазали двигателларга нисбатан қиммат туради.



118-расм

қаршилик, индуктивлик ёки сифим ишлатилиши мумкин. Двигатель ротори барқарор тезликка яқин тезлик олгандан кейин ишга тушириш чулғами узиб қўйилади.

Статордаги фазада бир-бирига нисбатан 90° бурчакка силжиган иккита чулғам воситасида айланувчан майдон ҳосил қилиш учун қуийдаги шартларга риоя қилиш зарур:

119-расмда бир фазали асинхрон двигателни ишга тушириш схемаси кўрсатилган. Ишга тушириш чулғамининг занжирига фаза силжитувчи элемент – конденсатор уланди (118-расмга қаранг).

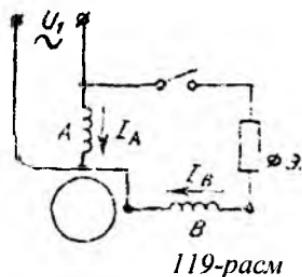
Бу иш чулғамидағи I_A ва ишга тушириш чулғамидағи I_B токлар орасидаги фаза силжишини вужудга келтириш зарур. Фаза силжитувчи элемент ($\Phi\mathcal{E}$) сифатида актив

иришига оғиз беради, янар да тозишига оғиз беради.

Двигательнинг тезликка яқин тезлик олгандан кейин ишга тушириш чулғами узиб қўйилади.

Статордаги фазада бир-бирига нисбатан 90° бурчакка силжиган иккита чулғам воситасида айланувчан майдон ҳосил қилиш учун қуийдаги шартларга риоя қилиш зарур:

а) иш чулғамининг F_A ва ишга тушириш чулғамининг F_B магнитловчи кучлари ўзаро тенг ва фазалари бир-бирига нисбатан 90° га силжиган бўлиши керак;



б) статор чулғамларидағи токлар I_A ва I_B фаза жиҳатидан бир-бирига нисбатан 90° га силжиган бўлиши лозим.

Бу шартларга қатъий риоя қилинганда статорнинг майдони айланма бўлади, бу эса электромагнит моментнинг энг катта қийматига тўғри келади. Кўрсатилган шартлардан бирортаси бузилса, айланувчан майдон

эллипс шаклида бўлиб, катталиги жиҳатидан бир-бирига тенг бўлмаган қарама-қарши томонларга айланадиган иккита: тўғри ва тескари айланма майдонлардан таркиб топади. Тескари айланувчан майдон роторда тормозлаш моментини вужудга келтиради.

5.11. АСИНХРОН ДВИГАТЕЛДА ҚУВВАТ ИСРОФИ, ДВИГАТЕЛНИНГ Ф.И.К

Асинхрон двигатель электр энергияни механикавий энергияга айлантириб беради. Двигателда энергиянинг бир турдан бошқа турга айланishiда маълум даражада энергия исроф бўлади.

Двигатель статори тармоқдан $P_1 = 3 U_1 I_1 \cos \varphi$ қувватини олади, бунда U_1 – статор фазаларидағи кучланиш; I_1 – статор фазаларидағи ток; φ_1 – двигателнинг қувват коэффициенти.

Статор чулғамларидан ток ўтаётганда уларни қиздиради. Шунинг учун P_1 қувватнинг бир қисми мис чулғамларда исроф бўлади. Бунда қувват исрофи қуийдагига тенг бўлади:

$$P_{m1} = 3 I_1^2 R_1,$$

бу ерда R_1 – статор фазаларидан бирининг актив қаршилиги.

Асинхрон двигателнинг айланувчи магнит майдони оқими статор ва роторнинг пўлат листларидан кесилиб, статорда қайта магнитланиш ва уюрма токларни ҳосил қилиш учун энергияни бир қисми исроф бўлади. Қувватни қолган қисми, яъни

электромагнитавий құвват магнит майдони воситасида роторга узатилади.

Ү қүйидеги аниқланади:

$$P_{\text{эм}} = P_1 - (P_{\text{ct1}} + P_{\text{t1}}).$$

$P_{\text{эм}}$ – электромагнит құвватынг маълум бир қисми роторда исроф бўлади, яъни $P_{\text{m2}} = 3I_2^2R_2$ бу ерда R_2 – ротор фазаларидан бирининг актив қаршилиги. Ротор пўлатидаги құвват исрофи жуда кичик бўлгани учун уни ҳисобга олмаса ҳам бўлади. Қолган құвват роторнинг тўла механикавий құввати $P_{\text{мех}}$ га айланади:

$$P_{\text{мех}} = P_{\text{эм}} - P_{\text{m2}}$$

ёки

$$P_{\text{мех}} = m I_2^2 R_2 \frac{1-S}{S}$$

Двигатель ишлаганда подшипникларнинг ишқаланиши ва айланадиган қисмларининг ҳавода ишқаланиши натижасида ҳам құвват исроф бўлади. Бундан ташқари, сочишма магнит оқимлари ҳамда статор ва ротор темир ўзагининг тишлиарида магнит майдоннинг ўзгариши натижасида двигателда қўшимча құвват исроф бўлади.

Асинхрон двигательнинг механикавий құвватидан ишқаланишда содир бўладиган құвват исрофи P_i ва қўшимча құвват исрофи P_k ни айрсак, двигатель вали орқали механизмга узатиладиган фойдали механикавий құвват ҳосил бўлади, уни P_2 билан белгилаймиз:

$$P_2 = P_{\text{мех}} - (P_i + P_k).$$

Двигателдаги ҳама исрофларни ҳисобга олиб, фойдали құвват P_2 ни қўйидеги ёзиш мумкин:

$$P_2 = P_1 - (P_{\text{ct1}} + P_{\text{m1}} + P_{\text{m2}} + P_i + P_k).$$

Асинхрон двигатель салт ишлаётганда құвват исрофи қўйидеги бўлади:

$$\Delta P = 3I_0^2(r_1 + r_0) + P_{\text{мех}}.$$

Бу ифода I ўзгармас бўлади, чунки бу қувват двигателнинг юкламасига боғлиқ эмас.

Двигателнинг юклама коэффициенти:

$$\beta = \frac{P_1}{P_2} = \frac{M}{M_{kp}} = \frac{S}{S_{kp}}$$

Ротордаги ток кучи:

$$I_2 = \frac{E}{\sqrt{\left(\frac{R_2}{S}\right)^2 + x_2^2}} = \frac{E_2 S}{R_2} = \frac{\beta E_2}{R_2} S_{kp}.$$

Демак, ток кучи I_2 двигателнинг юклама коэффициентига тўғри пропорционал экан.

Шунингдек, двигателдаги ўзгарувчи қувват исрофи юклама коэффициентининг квадратига тўғри пропорционал бўлади, яъни

$$\Delta P_{\beta} = \Delta P \beta^2$$

бу ерда ΔP_{β} – номинал юкламадаги ўзгарувчи қувват исрофи.

Бу боғланишларни эътиборга олиб двигателнинг фойдали иш коэффициентини қуийдагича ёзиш мумкин:

$$\eta = \frac{P_2}{P + \Delta P} = \frac{\beta P_n}{\beta P_n + P_{cm1} + P_{cm2} + \beta^2 \Delta P_{\beta}}.$$

Бу ифодага кўра $\eta(\beta)$ боғланишнинг графигини қуриш мумкин.

Ифодадан кўриниб турибдики, двигателни юкламаси бир оз ўзгарганда, двигателнинг ф.и.к. жуда кичик ўзгарар экан.

Такрорлаш үчүн саволлар

1. Электр машинаси деб нимага айтилади ва унинг қандай турлари бор?
2. Электр машинаси қайтувчанлиги деб нимага айтилади?
3. Асинхрон двигатель роторининг айлантириш тезлиги қандай усулларда ўзгартирилади?
4. Асинхрон двигательни ишга тушириш жараёнида роторнинг сирпаниши қандай ўзгаради?
5. Двигатель валини ҳаракатлантирувчи момент билан қаршилик моменти тенглигида роторнинг айланиш частотаси билан сирпаниш ўзгармас бўлади. Моментлар тенг бўлмаганида бу катталиклар ўзгаради. $M_d > M_c$ бўлганда роторнинг айланиш частотаси билан сирпаниш қайси томонга ўзгаради. $M_d < M_c$ бўлгандачи?
6. Турли хил двигателларнинг номинал режимдаги сирпаниш қиймати 1-6 % атрофида бўлишини эътиборга олиб, қўзғалмас ротор чулғамидаги э.ю.к. айланаётган ротор чулғамидагидан 16-100 марта катта эканлигини аниқлаш мумкин. Шу билан бирга бу режимларда токлар бирбиридан 4-7 марта фарқ қиласи э.ю.к ва ток ўзгаришидаги бундай катта фарқни қандай тушунтириш мумкин?
7. Асинхрон электр двигательни статор чулғамларини юлдуздан учбурчакка қайта улаш орқали ишга туширишда боғланишида фаза кучланиши уч марта камайган. Нима учун ишга тушириш токи ва ишга тушириш моменти уч марта камаяди?
8. Агар асинхрон двигателдаги сирпаниш 1 га тенг бўлса, унинг айлантирувчи моменти нимага тенг бўлади?
9. Асинхрон двигатель ротори чулғамининг актив қаршилиги 2 марта оширилди. Бу ҳолда двигательнинг максимал айлантирувчи моменти қандай ўзгаради?
10. Сирпаниш 0 дан 1 гача оширилганда асинхрон двигателнинг айлантирувчи моменти қандай ўзгаради?

VI БОБ. СИНХРОН МАШИНАЛАР

6.1. АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР

Синхрон генераторлар саноатда көнг ишлатылади.

Электр энергияси синхрон генераторларда ҳосил қилинади. Бунда бирламчи двигатель сифатыда гидравлик двигатель бүг турбиналари ёки ички ёнув двигателлари ишлатилиши мүмкін. Синхрон генераторларда ток частотаси ва айланиш частотаси қуийдагича бўлади:

$$f = \frac{Pn}{60}; \quad n = \frac{60 \cdot f}{P};$$

бунда f – ток частотаси; P – жуфт қутблар сони; n – айланиш частотаси.

Ҳар қандай электр машинаси каби синхрон генератор ҳам қайтувчандир, яъни у ҳам генератор, ҳам двигатель сифатида ишлай олади.

Синхрон генератор электр энергияси ишлаб чиқариш процессида ишлатыладиган ўзгарувчан ток генераторининг асосий типидир.

Синхрон машиналарнинг ўзига хос хусусияти уларнинг қувват коэффициенти ростлаш мүмкнлигидир. Бу хусусият катта қувватли электр юритмаларида ниҳоятда муҳимдир, чунки бў машиннанинг ФИК ни оширишга имкон беради.

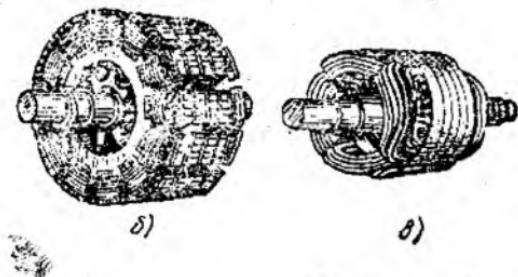
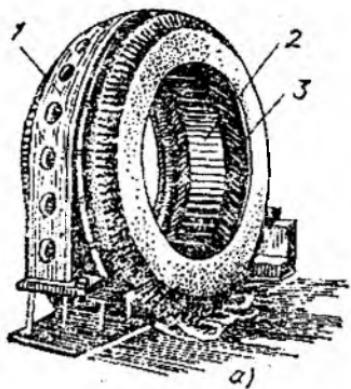
Синхрон двигателлар ўрта ва катта қувватли қурилмаларда ишлатылади. Уларнинг асосий афзаллиги қувват коэффициентининг катталигидадир. Бу двигателларда қувват коэффициенти бирга яқин бўлади. Бундан ташқари, улар тармоқдаги илгариловчи токни истеъмол қилиб ишлайди ва тармоқ учун сифимга айланиб қолади. Синхрон двигатель тармоқдаги илгариловчи токни истеъмол қилиши билан бирга тармоқка уланган бошқа энергия истеъмолчиларининг реактив қувватини ҳам компенсациялади ва бутун корхонанинг қувват коэффициентини оширади. Генераторда магнит майдон унинг үйғониш чулғамларидан ўтаётган ўзгармас ток ҳосил қиласи. Үйғотиши чулғамини таъминлаш учун унга ўзгармас ток манбаи зарурлиги синхрон генераторларнинг энг асосий камчилигидир.

Уйғотиши чулғами энергияни параллел уйғотишли ўзгармас ток генераторидан олади. Уйғотиши генератори иш машинаси билан битта валда жойлашган бўлиб, унинг қуввати ўзи уйғотаётган синхрон генератор қувватининг жуда кам қисмини ташкил қиласди. Кам қувватларда синхрон генератор уйғотиши чулғамларини ярим ўтказгичли тўғрилагичлар орқали ўзгарувчан ток тармоғидан таъминлаш схемаси кенг қўлланилади.

Кичик қувватли синхрон двигателлар автоматика системаларида кўплаб ишлатилади. Бунда уларнинг айланиш тезлигининг ўзгармаслик хусусиятидан фойдаланилади.

6.2. СИНХРОН ГЕНЕРАТОРНИНГ ИШ ЖАРАЁНИ ВА ТУЗИЛИШИ

Синхрон генераторнинг ишлаш принципи электромагнит индукция ҳодисасига асосланган ва механик энергияни ўзгарувчан токнинг электр энергиясига айлантиришдан иборат.



120 -расм, а, б, в

Синхрон генератор якорь ва индуктордан тузилади. Генераторнинг якори (120-расм, а) уч фазали чулғам 3 пўлат листлардан тайёранган пазлар 2 ва станина 1 дан иборат.

Генераторнинг индуктори – ротори кучли электромагнитдан иборат бўлади ва магнит майдон ҳосил қилиш учун хизмат келилади.

Синхрон генераторнинг ротори аниқ кўриниб турувчи қутбли ёки аниқ кўринмайдиган қутбли қилиб ясалади (120-расм, б, в).

Ротор ҳаракатлантирилса, магнит куч чизиқларини кесиб ўтиб, унда ЭЮК ҳосил бўлади. Бу ЭЮК ҳосил қиласган ток ярим

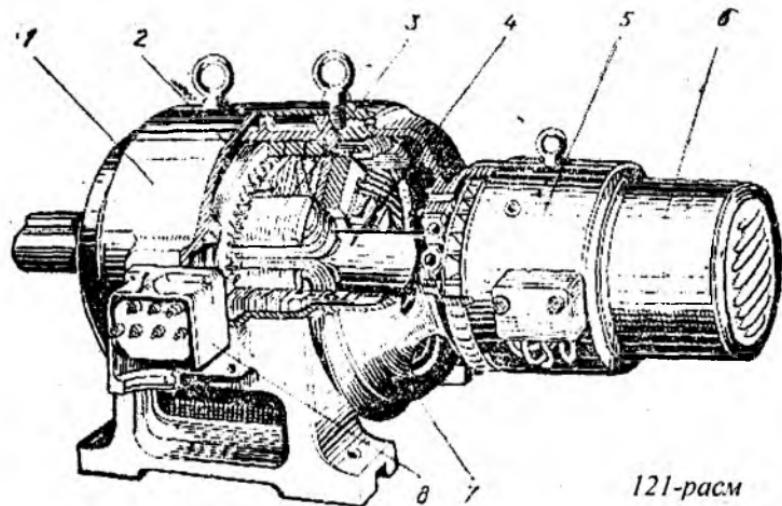
ўтказгичли түғрилагич орқали ўтиб, ўзгармас токка айланади ва уйғотиш чулгами бўйлаб ўтади. Натижада генераторнинг магнит майдони кучаяди ва ундаги кучланиш номинал катталикка эга бўлади.

Синхрон генераторнинг ҳосил қилган энергияси истеъмолчига сирпанма контактлар — контакт ҳалқалар ва чўткалар **воситасида** узатилади.

Амалда қутблари роторда, якори эса статорда жойлашган синхрон генераторлар кўп қўлланилади.

Чулғамниң учлари генератор валига маҳкамланган контактли ҳалқаларга уланади. Ҳалқаларга қўзғалмас чўткалар ўрнатилган бўлиб, чўткалар уйғотиш чулғамига ташқи энергия манбаидан ўзгармас ток беради.

121-расмда уйғотиш чулғами билан ишлайдиган синхрон генератор кўрсатилган.



121-расм

1-статор көрпүси; 2-статор ўзаги; 3-ротор қутблари; 4-вал; 5-кузатгич; 6-контакт ҳалқалар; 7-подшипниклар щити; 8-клеммалар кутиси.

Очиқ қутбли синхрон генераторларнинг бирламчи двигатели сифатида гидравлик турбиналар хизмат қиласи. Шунинг учун очиқ қутбли синхрон генераторлар гидрогенераторлар деб юритилади.

Айланиш частотаси катта бўлганда ротори бундай тузилган генераторларнинг механик мустаҳкамлиги етарли бўлмайди.

Ёпиқ қутбели генераторлар үчун бирламчи двигатель бўлиб буғ турбиналари хизмат қиласди. Ёпиқ қутбели синхрон генераторлар турбогенераторлар деб аталади.

Ҳозирги вақтда гидроэлектр станцияларда ўрнатилаётган генераторларнинг қуввати 200–1000 МВ А гача боради. Генераторнинг айланиш частотаси 143 айл/мин, роторининг диаметри 12 м га яқин; статор магнит ўтказгичининг узунлиги 2,75 м.

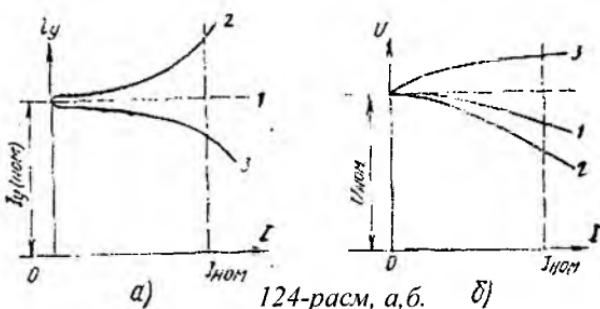
Иссиқлик электр станцияларида турбогенераторлар ўрнатилади ва улар буғ турбиналари ёрдамида ҳаракатга келтирилади. Турбогенераторларнинг айланиш частотаси $n = 1500 - 3000$ айл/мин бўлади, бундай айланиш частотасида роторнинг жуфт қутблари сони мос ҳолда $r = 2$ ва $r = 1$ бўлади. Шунда турбогенератордан олинадиган ЭЮК нинг частотаси $f = 50$ Гц бўлади. Турбогенераторларда айланиш частотаси катта бўлгани учун уларда аёномас қутбели цилиндрик ротор ўрнатилади. Турбогенератор ишлаганда унинг роторига, айланиш частотаси квадратига пропорционал бўлган, марказдан қочирма кучлар таъсир этади. Аён қутбели роторни марказдан қочирма кучлар таъсирига чидамли қилиб тайёрлаш анча мураккаб иш бўлгани учун бундай роторлардан турбогенераторларда фойдаланилмайди. Аёномас қутбели цилиндрик роторнинг диаметри унинг актив узунлигидан анча кичкина бўлади. Айланиш частотаси 3000 айл/мин бўлганда механик мустаҳкамлиги жиҳатидан роторнинг энг катта диаметри 1,2 ... 1,25 м ни ташкил қиласди, роторнинг актив узунлиги 6,0 ... 6,5 м.

Турбогенераторлар горизонтал вазиятда ўрнатиладиган машиналардир. Ҳозирда иссиқлик станцияларида қуввати 300, 500, 800 ва 1200 МВ А бўлган турбогенераторлар ўрнатилмоқда.

Ички ёнув двигателлари ёрдамида ҳаракатга келтириладиган дизель – генераторлар энергетика системаларидан узоқда жойлашган истеъмолчиларни электр энергияси билан таъминлашда кенг ишлатилади.

Қувватига ва айланиш частотасига қараб синхрон генераторларнинг номинал кучланиши 0, 23, 0, 4; 3,15; 6,3; 10,5; 13,8; 15,75; 20; 24 ва 36,75 кВ қўзғатиш чулгамишининг номинал кучланиши 24...400 В бўлади. Синхрон двигателларнинг номинал кучланиши 0,22; 0,38; 3; 6;10 кВ бўлади.

6.3. СИНХРОН ГЕНЕРАТОРНИНГ САЛТ ИШЛАШИ



Синхрон генераторнинг салт ишлаши характеристикаси (124-расм, а), ЭЮК Е нинг уйготиш чулғамидағи ток кучига боғланиши, яъни $E_1 = f(I_y)$ ни ифодалайды.

Характеристика генераторга юклама уланмаганда ва генератор якорининг айланишлари сони ўзгармас бўлганда олинади. Юклама уланмаганлиги учун генераторнинг ички қаршилигида кучланиш пасаймайди. Генераторнинг чиқишидаги кучланишни вольтметр билан ўлчаш мумкин. Агар шунт реостат ёрдамида уйготиш токи ўзгартирилса, унда амперметр ва вольтметрнинг кўрсатиши асосида салт ишлаш характеристикасини кўриш учун қерак бўлган катталикларни олиш мумкин. Дастреб Е₁ нинг I_y га боғланиши амалда чизиқли бўлиб, кейинчалик (қутбларнинг магнит тўйиниши сабабли) характеристика магнитланиш эгри чизиги кўринишида бўлади. Синхрон генераторнинг ташқи характеристикаси (124-расм, б) айланиш частотаси ва генераторнинг уйғониш токи ўзгармас бўлганда генератор қисқичларидағи кучланишнинг юклама токига боғланишини кўрсатади. Юклама бўлмаганда генераторнинг қисқичларидағи кучланиш унинг ЭЮК га тенг бўлади. Юклама ортиши билан генератор чулғамларининг R_a ва X_L қаршилигида кучланишнинг пасайиши ортади, генераторнинг чиқишидаги кучланиш эса камаяди. Синхрон генераторнинг ростлаш характеристикаси (124-расм, б) уйготиш токининг юклама токига боғланишини, яъни $I_y = f(I_H)$ кўрсатилади. Бу характеристика якорнинг айланиш частотаси ва генераторнинг қисқичларидағи кучланиш ўзгармас бўлганда олинади.

Ростлаш характеристикаси юклама ўзгарганда генераторнинг чиқишидаги кучланиш ўзгармай қолиши учун уйғотиш токини қандай ўзгартириш лозимлигини аниқлади. Ростлаш характеристикаларининг шакли ташқи характеристикалар шакли билан тұла боғланғандыр.

Электр энергиянинг ұар бир истеъмолчиси маълум номинал кучланишга мүлжалланған. Агар истеъмолчилар синхрон генератордан таъминланса, унда чиқищдаги кучланиш уйғотиш токини құлда ёки автоматик тарзда ростлаш йўли билан ўзгармайдиган қилиб турилади.

Ростлаш характеристикаларининг шаклини таҳлил қилиб, қуийидеги холосаларни чиқариш мүмкін: чиқищдаги кучланишни ўзгармайдиган қилиб туриш учун актив-индуктив юкламаларда уйғотиш токини ошириш, актив-сифим юкламада эса йифинди магнит оқимнинг күпайиши туфайли уйғотиш чулғамидаги ток кучини камайтириш лозим бўлади. Синхрон генераторнинг қувват коэффициенти юклама тури ва уйғотиш чулғамидаги ток кучига боғлиқ. Уйғотиш токининг қийматига қараб генераторнинг учта иш режими фарқланади: тұла уйғотиш режими, чала уйғотиш режими ва ўрта уйғотиш режими.

Тұла уйғотиш режими – генератор тармоққа фақат актив ток берганда ва $\cos\varphi = 1$ бўлганда ҳосил бўлади.

Чала уйғотиш режими – генератор тармоққа ҳам актив ток, ҳам фазаси жиҳатидан кучланишдан чорак давр орқада қолувчи ($\cos\varphi < 1$) реактив ток берилиши билан характерланади.

Ўрта уйғотиш режими – генератор тармоққа актив ток билан бирга фазаси жиҳатидан кучланишдан 90^0 ёки чорак давр ($\cos\varphi > 1$) олдинда келувчий реактив ток берилганда ҳосил бўлади. Ўрта уйғотиш режимида генератор айланувчи компенсатор сифатида ишлатилади.

6.4. СИНХРОН ГЕНЕРАТОРНИНГ ЮКЛАМА БИЛАН ИШЛАШИ

Аввалги параграфларда биз синхрон генераторнинг салт ишлаши билан танищдик. Синхрон генератор юкламасиз ишласа, статор чулғамларыда ток бўлмайди. Қутбларда уйғотувчи ток ҳосил қилган магнитавий оқим статорнинг уч фазали чулғамида ЭЮК индукциялади.

Генераторга юклама берилганда эса статор чулғамларидан ток үтә бошлайды. Юклама симметрик бўлганда статор чулгами фазаларида токлар ўзаро тенг бўлиб, бир-бирига нисбатан $\frac{1}{3}$ даврга сиджиган бўлади. Статор магнитавий майдонининг айланиш частотаси:

$$\pi_1 = \frac{60 \cdot f}{P} = \frac{60n_P}{60P} = n.$$

Статордаги ток частотаси f ротор айланувчи магнитавий майдоннинг тезлигига боғлиқ. Синхрон генераторнинг статори чулғамида катталиги қутбларнинг магнитавий оқимига боғлиқ бўлган э.ю.к ҳосил бўлади. Унинг катталиги I_1 токка пропорционал, яъни

$$E_c = -I_1 X_c$$

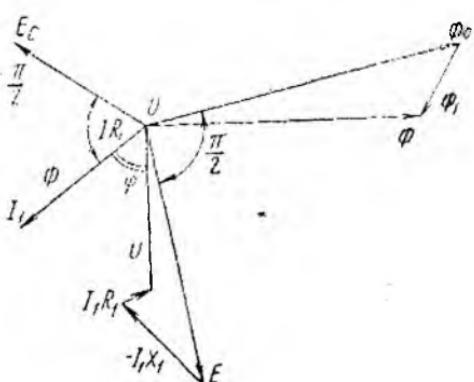
бу ерда X_c – статорнинг синхрон индуктив қаршилиги;
 $I_1 X_c$ – синхрон индуктив қаршилиқда кучланишнинг пасаови;
 I_1 ток статор чулғамларининг актив қаршилиги R_1 дан ўтишида $I R_1$ кучланиш пасаовини ҳосил қиласди.

Юклама билан ишлайтган синхрон генератор статоридаги кучланишлар тенгламаси қуйидагича бўлади:

$$\bar{E}_0 = \bar{U} + \bar{I}_1 \bar{R}_1 + \bar{I}_1 \bar{X}_1 \quad (6.1)$$

ёки

$$\bar{U} = \bar{E}_0 - \bar{I}_1 \bar{R}_1 - \bar{I}_1 \bar{X}_1 \quad (6.2)$$



125-расм

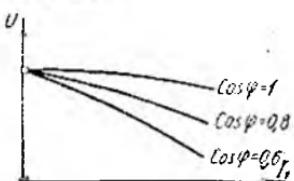
(6.2) тенглама асосида юкламали генераторнинг вектор диаграммасини кўриш мумкин (125-расм).

Роторнинг магнитавий оқими Φ_0 статорнинг магнитавий оқими билан қўшилиб, йиғинди магнитавий оқими Φ ни ҳосил қиласди.

Генератор салт ишлага-нида э.ю.к E_0 магнитавий оқими Φ_0 дан 90° га

кечикади. Қутбларнинг магнитавий оқими жуда кичик бўлганда бу э.ю.к. ҳам кичик бўлади. Магнитавий оқим ортганда генераторнинг э.ю. кучи ҳам кўпаяди. Шундай қилиб, роторнинг айланиш частотаси ўзгармаганда э.ю.к. уйғотиш чулғами симларидан ўтаётган ўзгармас ток ҳосил қилган магнитавий оқимга пропорционал бўлади. Агар уйғотиш чулғамидағи ток оширилса, қутбларнинг магнитавий оқими кучаяверади. Бу эса статор чулғамида ҳосил бўладиган э.ю.к. ни оширади. Демак, уйғотиш чулғамидағи ток катталигининг ўзгариши машинанинг э.ю.к. ни тегишлича ўзгартыради ва генератор қисқичларидағи кучланишни ростлаш имконини беради.

Амалда юкламали генератор статори чулғамидағи ток нолга teng бўлмайди, демак, генератор қисқичларидағи кучланиш ҳам э.ю.к. ga teng эмас, чунки статор чулғами қаршиликларида (актив ва реактив қаршиликларда) кучланиш пасайиши вужудга келади. Бундан ташқари, статор чулғамларидағи ток қутблар оқимига таъсир кўрсатадиган якорь реакциясини ҳосил қилади. Натижада юклама қўйилгандаги магнитавий оқим қутбларнинг генератор салт ишлагандаги магнитавий оқимига teng бўлмайди. Генератор статоридаги ток катталиги ўзгарганда уйғотиш чулғамидағи ток катталиги ўзгармай қолган шароитда генератор қисқичларидағи кучланиш ўзгаратади.



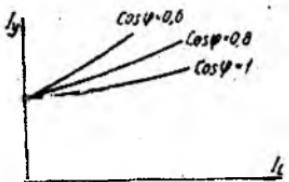
126-расм

генератор қисқичларидағи кучланишнинг юклама токига боғлиқлигини кўрсатади. Актив, индуктив ва сифим юкламаларда бу характеристикалар бир-бираидан фарқ қилади, бунга сабаб шуки, якорь реакцияси магнитавий майдоннинг қутбларидағи магнитавий оқимга ҳар хил таъсир кўрсатади.

Ҳар қандай истеъмолчи тармоқ кучланишининг ўзгармас бўлишини талаб қилади. Шу сабабли юклама ўзгариб турганда тармоқни ўзгармас кучланиш билан таъминлаш учун синхрон генераторларда қўзғатиш токи ўзгартырилади.

Генераторнинг ташқи характеристикиси $I_k = \text{const}$, $\cos\varphi = \text{const}$ ва $f = \text{const}$ бўлган ҳолларда $U = f(I_1)$ боғланишини ифодалайди (126-расм). Бу характеристикалар роторнинг айланиш частотаси ва уйғотувчи ток ўзгармаганда

126-расм



127-расм

Ростлаш характеристикаси. Генератор юкламаси ўзгарганда унинг қисқичларидағи кучланиш ўзгармай қолиши учун уйғотувчи чулгамдаги токни қандай • ўзgartириш кераклигини күрсатувчи боғланыш ростлаш характеристикаси дейилади (127-расм).

Генераторнинг ростлаш характеристикасида $U=U_H$, $\cos\varphi = \text{const}$ ва $f = \text{const}$ бўлганда I_y уйғотиш токининг статор токи I_1 га боғлиқлигини ифодалайди, яъни

$$I_y = F(I_1).$$

Статордаги ток ортиши билан актив юкламадаги кучланиш бир оз камаяди, чунки якорь реакцияси магнитавий оқимни ҳам камайтиради. Генератор юклама билан ишлаши учун кучланишни ўзgartирмай уйғотиш токини кўпайтириш керак. Индуктив юкламада эса якорь реакциясининг бўйлама магнитсизловчи майдони ҳосил бўлиб, у қутбдаги оқимни камайтиради. Шунинг учун кучланишни ўзgartирмай сақлашда уйғотиш токини анчагина ошириш мумкин. Бу эса якорь реакциясининг магнитсизловчи майдонини компенсациялади. Сифимли юкламада эса магнитавий майдон кучаяди.

6.5. СИНХРОН ГЕНЕРАТОРЛАРНИ ПАРАЛЛЕЛ ИШЛАТИШ

Электр станцияларида бир-бирига параллел бириктирилган бир нечта генератор ишлайди. Натижада электр станция узлуксиз энергия бериб туриш имкониятiga эга бўлади.

Ҳозир бир неча электр станциялар бир-бирлари билан бирикиб, энергетика системалари тузилмоқда. Энергетика системасида электр станцияларнинг параллел ишлаши натижасида электр энергия ишлаб чиқариш ва тарқатиш техникавий жиҳатдан фойдалидир. Шунинг учун ҳам синхрон генераторларнинг параллел ишлаши катта амалий аҳамиятга эга.

Синхрон генераторларнинг параллел ишлатиш учун қуйидаги шартлар бажарилиши керак:

1) генераторнинг Э.Ю.К электр тармоғининг кучланишига тенг бўлиши;

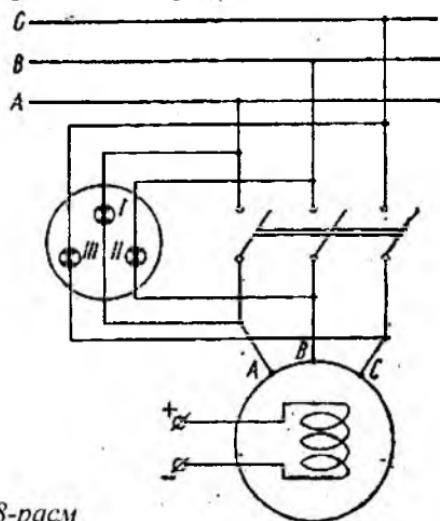
2) генераторнинг частотаси электр тармоининг частотасига тенг бўлиши;

3) генератор ва электр тармоғи кучланиши фазаларининг кетма-кетлиғи бир хил бўлиши;

4) генератор э.ю.к. вектори E_0 ва тармоқ кучланиши U қарама-қарши фазада (бир-биридан 180° га силжиган) бўлиши зарур.

Юқоридаги шартлар бажарилса, синхрон генераторларни параллел ишлатиш мумкин.

Биринчи шарт уйғотиш токини ўзгартириш билан бажарилади. Вольтметр ёрдамида кучланишни кузатиб борилади. 2, 3 ва 4-шартларни бажариш учун маҳсус синхронловчи асбоблар ва схемалар ишлатилади. Бундай асбобларнинг энг оддийси лампали синхроноскопдир. Ҳозирги замон электр станцияларида лампали синхроноскоп билан бирга стрелкали синхроноскоплар ҳам ишлатилади.



Лампали синхроноскоп тенг томонли учбурчакликкабининг учларида ўрнатилган учта лампадан иборат (128-расм).

Синхронланиш пайтида иккита лампа бир хил ёруғликда ёниб, А фазага бириктирилган учинчи лампа сўнади.

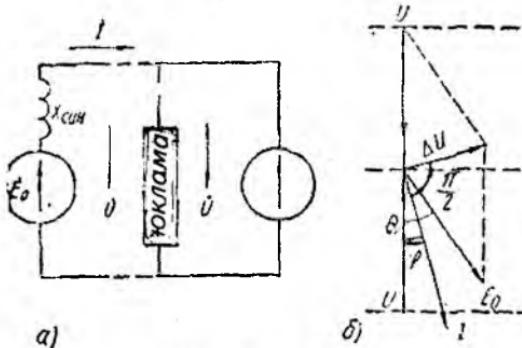
Электр станцияларда синхронлаш, кўпинча, автоматлаштирилган бўлади.

Агар синхрон генераторларни тез-тез параллел улаш ва ажратиб туриш

лоzим бўлса, чала синхронлаш усулидан фойдаланилади. Сўнгра генератор бевосита электр тармоғига бириктирилади. Баъзан шу пайтида ротор чулгамида ўта кучланиш содир бўлиши мумкин. Бунинг олдини олиш учун ротор чулғами занжирига бирор қаршилик қўшилади. Генератор электр тармоғига қўшилган

заҳоти унинг уйғотиш чулғами уйғотгичга бириктирилса, генератор синхрон ишлай бошлади.

Генератор статори электр тармоғига құшилғанда унинг э.ю.к. нолға тенг бўлганлиги учун электр тармоғи кучланиши таъсирида статордан катта ток ўтади.



129-расм, а, б

қувватидан катта бўлсин. Бу ҳолда иш ҳам биринчи генераторнинг кучланиши U_1 ва частотаси f_1 ни ўзгартира олмайди. Буни биз фақат фазали двигатель учун текшириб қўрайлик.

Иккинчи генератор улангандан кейин ҳар икки генераторнинг роторлари бир хил частота $n_1 = n_2$ билан айланана бошлади.

У ва E_0 векторлар эса қарама-қарши фазада бўлиб (129-расм; б) бир томонга $n_1 = n_2 = \text{const}$ частота билан айланади. Иккинчи генераторнинг бирламчи двигатели шундай қувватга эришадики, бунда ток $I_2 = 0$ бўлгани учун генераторнинг салт ишлашига кетган исрофлар қопланади.

Агар иккинчи генераторнинг бирламчи двигателига бериладиган энергия миқдори кўпайтирилса, двигательнинг айлантирувчи моменти қаршилик моментидан катта бўлиб қолади ва иккинчи генераторнинг ротори тезланиш билан айланади. Унинг ротори биринчи генераторнинг роторига нисбатан секин суриласди ва роторлар ўқлари орасида θ бурчаги ҳосил бўлади.

Энди синхрон генераторнинг тармоқ билан параллел ишлашини кузатайлик. 129-расм, а да икки генератор бир-бири билан параллел уланган деб фараз қилайлик. Биринчи генераторнинг қуввати иккинчи генераторнинг иккинчи генераторда

Бу ҳолда I_1 ток билан U_1 кучланиш орасидаги фаза силжиши $\frac{\pi}{2}$ кичик бўлиб қолади, генератор тармоқса актив қувват P ни берга бошлади:

$$P = 3U_1I_1\cos\varphi > 0.$$

129-расм, б дан маълумки, $\Delta U = IX_c$. Шунинг учун генераторнинг тармоқса бераётган актив қуввати қўйидагича бўлади:

$$P = 3U_a \frac{E_0}{X_c} \sin\theta = K \sin\theta. \quad (6.3)$$

Генераторнинг . электромагнитавий қуввати қўйидагича бўлади:

$$P_{\text{эм}} = P + P_m.$$

Генераторнинг фойдали қуввати эса

$$P = 3U_1I_1\cos\varphi.$$

Агар статор чулғамларидағи қувват исрофини эътиборга олмаса, генераторнинг электромагнитавий қуввати қўйидагича бўлади:

$$P_{\text{эм}} = P = 3U_1I_1\cos\varphi = 3 \frac{U_a E_0}{X_c} \sin\theta \quad (6.4)$$

(6.4) формуладан кўринишича, ўзгармас U кучланиш билан ишлайдиган синхрон генераторнинг қуввати ($E_0 = \text{const}$ бўлгандан) $P \sin\theta$ катталикка тўғри пропорционал.

Айланувчи электромагнитавий момент

$$M_{\text{эм}} = \frac{P_{\text{эм}}}{9,81 \cdot \omega} = \frac{3}{9,81 \cdot \omega} \cdot \frac{U_a E_0}{X_c} \sin\theta = K \sin\theta.$$

Электромагнитавий момент $M_{\text{эм}}$ генераторнинг тормозловчи моментини мувозанатлайди. Бунда роторнинг тезланиши нолга тенглашади.

Генераторга юклама бериш учун бирламчи двигателнинг айлантирувчи моментини орттириш, яъни унга берилётган энергия миқдорини кўпайтириш керак.

Агар иккинчи генератор улангандан кейин унинг бирламчи двигателининг айлантирувчи моментини камайтирилса, у ҳолда θ бурчак ва P қувват камаяди, яъни генератор юклама ташлади. Айлантирувчи момент янада камайтирилса, ротор салт ишлаш ҳолатидан орқада қола бошлиши мумкин.

6.6. СИНХРОН ДВИГАТЕЛЛАР

Синхрон машиналар бошқа ҳар қандай электр машиналари каби ҳам генератор, ҳам двигатель сифатида ишлай олади. Электр машинасининг бу хусусияти унинг қайтувчанлиги деб юритилади. Шунинг учун синхрон двигатель билан синхрон генератор тузилишлари орасида принципиал фарқ йўқ. Двигатель статорига уч фазали чулғам жойлаштирилади. Агар бу чулғам уч фазали ўзгарувчан ток тармоғига уланса, минутига айланишлари сони қуидагича бўлған айланувчи магнитавий майдон ҳосил қиласди:

$$n_1 = \frac{60f}{P}.$$

Двигатель роторига уйғотиш чулғами жойлаштирилади; бу чулғам эса ўзгармас ток манбаига уланади. Уйғотиш токи қутбларда магнитавий оқим ҳосил қиласди. Статор чулғамидаги токлар ҳосил қилған айланувчи магнит майдони ўз кетидан ротор қутбларини эргаштириб, уни ҳам айлантиради. Бунда ротор фақат синхрон частота билан, яъни статор майдонининг айланиш частотасига тенг бўлған частота билан айланади. Демак, синхрон двигатель частотаси ўзгармас частотадир. Шундай қилиб, тармоқдаги ток частотаси ўзгармас бўлса, синхрон двигателнинг айланишлар сони албатта ўзгармас бўлади.

Синхрон двигателнинг асосий афзаллиги шундаки, у илгарилама токни истеъмол қилиб олади. Бундай двигатель тармоқ учун сифимли юклама бўлиб қолади. Двигатель бошқа энергия истеъмолчиларининг реактив қувватини компенсация

қилган ҳолда, бутун корхонанинг қувват коэффициентини ошириши мумкин.

Синхрон двигателларнинг айлантирувчи моменти тармоқ кучланишининг биринчи даражасига пропорционал бўлиб, асинхрон двигателларники эса тармоқ кучланишининг квадратига пропорционалдир. Двигателнинг айлантирувчи моменти статор магнитавий майдонининг магнитланган роторга таъсири натижасида ҳосил бўлади.

Синхрон двигателлар кўпинча очиқ қутбли қилиб ясалади, улар $\cos \varphi$ нинг қиймати 0,8 қилиб олинган режимда ишлатилади. Синхрон двигателлар ўзгармас ток генератори билан ёки ўзгарувчан ток тармогига уланган ярим ўтказгичли тўғрилагичлар билан уйғотилади.

Синхрон двигателни ишга туширишда уни бевосита тармоқча улаб бўлмайди, чунки статор чулғами тармоқча уланганда айланувчи магнитавий майдон ҳосил бўлади. Уланиш пайтида ротор ҳаракатсиз бўлганидан статор ва ротор магнитавий майдонлари ўзаро таъсир қилишмаган, яъни двигатель айлантирувчи момент ҳосил қилмаган бўлади. Шунинг учун двигателни ишга туширишда икки усульдан фойдаланилади:

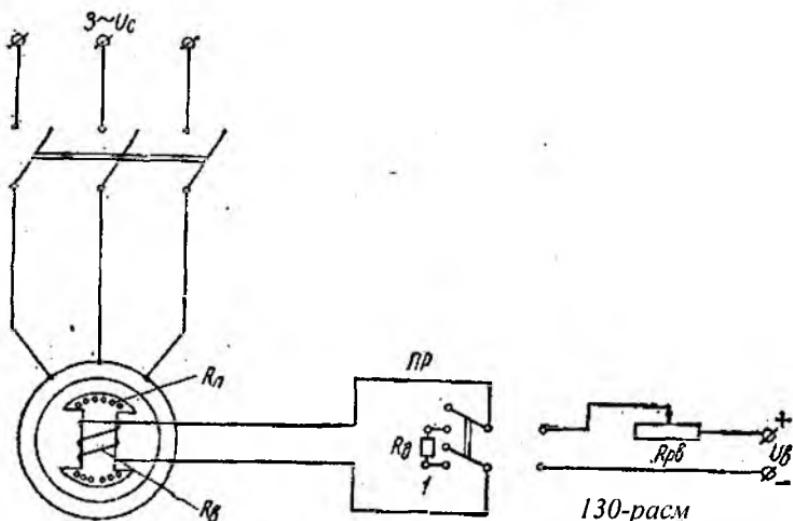
1) қўшимча двигател ёрдамида ишга тушириш ёки синхрон ишга тушириш;

2) асинхрон ишга тушириш.

Қўшимча двигатель ёрдамида ишга тушириш синхрон генераторнинг тармоқ билан параллел ишлашига айнан ўхшаш бўлади.

Қўшимча двигатель синхрон двигателнинг роторини статор магнитавий майдони айланиш частотасига тенг бўлган частота билан айлантиради. Кейин ротор чулғамига ўзгармас ток берилади ва синхронлаш шартларининг бажарилиши кузатиб турилади. Сўнг статорни ташқӣ тармоқча уланади. Шундан кейин қўшимча двигатель синхрон двигателдан ажратилади.

Ҳозирги вақтда синхрон двигателларни «асинхрон ишга тушириш» кенг қўлланилмоқда. Бу усульнинг моҳияти қуйидагидан иборат. Синхрон двигател ротори қутблари учларига «олмахон ғиддираги» шаклида ишланган ва асинхрон машина роторининг қисқа туташтирилган чулғамига ўхшаган ишга туширувчи чулғам жойлаштирилади (130-расм).



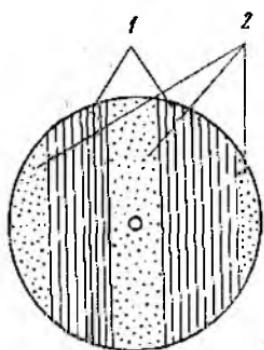
130-расм

Двигателни ишга туширишда уйғотиш чулғами үз қаршилигига нисбатан тахминан 10-12 марта катта бўлган қўшимча қаршиликка туташтирилади (1-ҳолат). Ишга тушириш пайтида уйғотиш чулғами занжирини узилган ёки қисқа туташган ҳолда қолдириш ярамайди. Агар ишга тушириш пайтида уйғотиш чулғами занжири узилган ҳолда қолдирилса, чулғамда унинг изоляцияси ва ишловчи ходимлар учун хавфли бўлган жуда катта э.ю.к. ҳосил бўлади. Бундай катта э.ю.к. нинг ҳосил бўлиш сабаби шундаки, ишга туширилганда статор майдони қўзғалмас роторга нисбатан катта частота билан айланиб, ўрамлари сони кўп бўлган уйғотиш чулғами ўтказгичларини ҳам катта частота билан кесиб ўтади.

Синхрон двигателнинг тармоқдаги токни истеъмол қилиши мумкинлиги уни компенсатор сифатида ишлатиш имконини беради. Юқорида қайд қилиб ўтилганидек, синхрон двигатель ташқи занжир учун компенсатор бўла олади ва бошқа истеъмолчиларнинг реактив қувватларини компенсациялаб, бутун энергоқурилманинг $\cos\phi$ сини оширади.

Компенсатор сифатида ишлайдиган синхрон двигатель юкламасиз ишлайди ва корхонанинг қувват коэффициентини оширишга мўлжалланган бўлади. Шундай қилиб, компенсатор реактив қувват генератори бўлиб қолиши мумкин.

Компенсатор конструкцияси жиҳатидан синхрон двигателдан кам фарқ қиласы. Компенсаторга механикавий юклама қўйилмайди ва шу сабабли унинг вали ва ротори енгилроқ бўлади.



131-расм

Роторнинг цилиндр шаклида бўлиши унинг ишланиши ва балансировкасини соддалаштиради ва двигатель ишлаётганда ҳавога ишқаланиш билан боғлиқ бўлган исрофи камайтиради. Ишқаланишга кетадиган энергия исрофи кам қувватли двигателлар учун катта аҳамиятга эгадир.

6.7. СИНХРОН ДВИГАТЕЛНИНГ ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИ

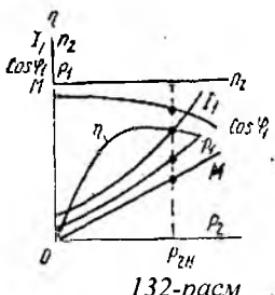
1. Двигателнинг иш характеристикаси. Синхрон двигателнинг характеристикаси деб айланиш моменти M нинг истеъмол қуввати P_1 га, статор токи I_1 га, қувват коэффициенти $\cos\varphi$ га, фойдали иш коэффициенти η га, статордаги кучланиш U ўзгармас бўлганда валдаги қувват P_2 га, уйғотиш токи I_y ва ток частотаси f га боғлиқлигига айтилади.

Двигателнинг истеъмол қуввати P_1 у валга берадиган қувват P_2 га пропорционал бўлади. P_2 қувват ортиши билан двигателда қувват исрофи ортади ва P_2 га нисбатан P_1 қувват тезроқ ортади. $\omega = \text{const}$ бўлганда айланувчи момент валдаги қувватга тўғри пропорционал бўлади, яъни

$$M = \frac{P_2}{\omega}.$$

Статордаги ток эса

$$I_1 = \frac{P_1}{3U \cos \varphi}.$$



Шунингдек, I_1 токнинг ўзгариши P_1 қувватнинг ўзгаришига айнан ўхшаш бўлади. Қувват коэффициенти эса деярли ўзгармайди. 132-расмда синхрон двигателнинг иш характеристикиси тасвирланган.

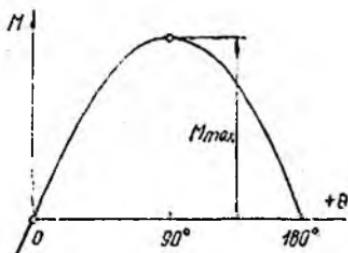
2. Бурчак характеристикаси.

Синхрон двигател айлантириш моменталининг бурчакка боғланишини ифодаловчи эгри чизиқ унинг бурчак характеристикиси дейилади (133-расм), яъни

$$M = f(\theta) \quad (6.5)$$

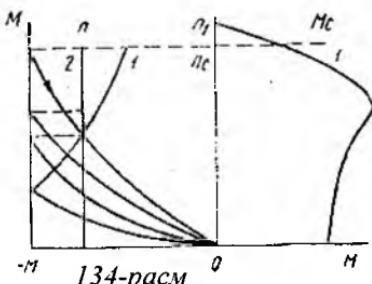
Бу характеристикаси (6.5) формула асосида қурилади.

3. Механикавий характеристикаси. Синхрон двигателнинг характеристикаси абсцисса ўқига пареллел бўлган тўғри чизиқ билан ифодаланади. Унинг ўзгариш тезлиги юкламага боғлиқ бўлмайди. Синхрон двигателларнинг ротори билан статори ўртасидаги ҳаво бўшлиғи асинхрон двигателларнига нисбатан каттароқ бўлади. Синхрон двигателларнинг афзаллиги шундаки, улар номинал режимда ёки ўзгарувчан $\cos \varphi = 0,8$ билан ишлаш имконига эга. Демак, синхрон двигатель уланган электр тармоғидаги қувват коэффициенти анча ортади. Ротордаги уйғониш чулғамига бериладиган ўзгармас ток қийматини ўзгартириш билан синхрон двигателнинг қувват коэффициентини ростлаш мумкин. Ротор чулғамига бериладиган уйғотиш токининг қиймати катта бўлса, статор чулғамига электр тармоғидан бериладиган токнинг қиймати ўзининг магнитловчи қисмининг камайиш ҳисобига ўзгариб боради. Демак, уйғотиш токининг маълум бир қиймати (i_y) да статорга берилётган токнинг магнитловчи (реактив) қисми нолга тенглашиб, двигателнинг қувват коэффициенти $\cos \varphi = 1$ бўлади.



4. Синхрон двигателнинг тормозлаш характеристикаси.

Двигателларни тұхтатиши учун тескари уланиш ва электродинамик усулларни құллаш мүмкін. Тескари уланишда статордан катта ток үтиши ҳамда айланиш частотаси ноль бўлиши билан уни электр тармоқдан дарҳол ажратадиган қимматбаҳо асбоблар керак бўлгани учун у амалда деярли құлланылмайди. Электродинамик усул билан тормозлаш учун двигатель статорини электр тармоқдан ажратиб, уни ташқи актив қаршиликка улаш лозим. Бунда ротор чулгамини ўзгармас ток билан таъминлаб туришни давом эттириш керак.

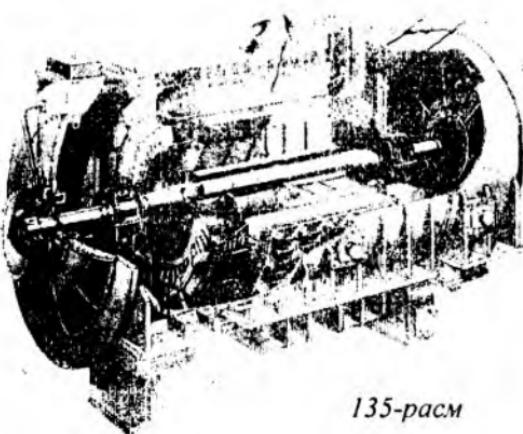


134-расмда синхрон двигательнинг тормозлаш характеристикиси тасвиранган.

6.8. СИНХРОН КОМПЕНСАТОРЛАР

Агар уйготиш токининг ўзгаришида двигатель режимида ишлаганда вал юклamasи бўлмаган синхрон двигатель синхрон компенсатор деб айтилади. Синхрон компенсатор уйготиш токининг катталигига қараб тармоқка реактив қувват бериси ёки тармоқдан реактив қувват олиши мумкин.

Синхрон компенсаторнинг умумий кўриниши 135-расмда тасвиранган. Тузилиши бўйича у турбогенераторга ўхшайди, бироқ синхрон компенсатор ўртача частотада (750-1000 айл/мин) да айланадиган қилиб тайёрланади. Синхрон компенсатор ротори аниқ қутбли



135-расм

қилиб тайёрланади. Статор тузилишига күра турбогенератор статорига үшаш.

Синхрон компенсатор статорнинг номинал токи, кучланиши ва қуввати билан, роторнинг частотаси ва номинал токи билан ҳамда номинал режимидаги йўқотишлар билан характерланади.

Синхрон компенсаторнинг номинал кучланиши электр тармоғининг номинал кучланишидан 5 ёки 10 % ортиқ белгиланади.

Синхрон компенсаторнинг номинал қуввати номинал кучланишда, совитувчи муҳитнинг номинал параметрларида унинг узоқ вақт давомида рухсат этиладиган юкламасига қараб аниқланади.

Синхрон компенсаторларнинг номинал қуввати киловольт – ампер ҳисобида аниқланади. Шунинг учун синхрон компенсаторнинг минимал қуввати 10000 кв А деб белгиланади. Ҳозирда ишлаб чиқарилаётган компенсаторнинг максимал қуввати 160 МВ А га teng.

Статорнинг номинал токи номинал қувват ва номинал кучланиш қийматлари асосида аниқланади.

Роторнинг номинал токи – тармоқдаги кучланиш номинал кучланишдан 5 % фарқ қилиб, ўрта уйготиш режимидаги компенсаторнинг номинал қувватини таъминловчи токнинг энг катта миқдоридир.

Синхрон компенсаторларнинг номинал совитиш шароитларида актив қувватнинг йўқотилиши 1,5-2,5 % га teng.

Синхрон компенсаторлар икки хил усуlda совутилади: компенсаторлар учун вентиляциянинг ёпиқ системаси билан совитиш (турбогенераторларга үшаш), корпусга монтаж қилинган газ совитгич билан.

Ҳозирги электр юкламалар жуда катта реактив қувват истеъмол қилиши билан характерланади. Реактив қувват истеъмол компенсаторда ё генерациялаш режимида ёки реактив қувватни истеъмол қилиш режимида ишлаш талаб этилади.

Синхрон компенсатор генерациялаётган ёки истеъмол қилаётган реактив қувват уйғотиш токи катталигига боғлиқ.

Синхрон компенсаторнинг ишини таҳлил қилганда, уни кучли тармоқча уланган деб ҳисоблаймиз ва шу сабабли статорнинг токи ўзгарганда қисқичлардаги кучланиш, амалий жиҳатдан ўзгармайди.

Үйғотиши токининг ўзгариши билан статор чулғамининг ЭЮК Е ўзгариади. Компенсатор Э.Ю.К. нинг катталиги тармоқ кучланишига тенг бўлса, бу режим компенсаторнинг салт ишлаш режими деб юритилади. Үйғотиши токи ортганда синхрон компенсаторнинг ЭЮК унинг қисқичларидағи кучланишдан катта бўлади (ўрта үйғотиши режими). Кучланишлар фарқи $\Delta U = E_k - U_k$ таъсирида машина статорида I_k токи ҳосил бўлади. Компенсатор чулғамларининг қаршилиги асосан индуктив бўлганлиги учун ток кучланиш фарқи ΔU^1 дан 90° га яқин бурчакка орқада қолади.

Кучланишнинг вектори U_k га нисбатан кўрсатилган ток 90° бурчакка орқада қолади. Бунда компенсатор тармоқга реактив қувват беради.

Двигателни үйғотиши етарли бўлмаса, яъни $E_k < U_k$ бўлганда, I_k ток U_k вектордан узади: машина тармоқдан реактив қувват истеъмол қиласи.

Ҳаво билан совитиладиган қуввати катта бўлмаган компенсаторлар учун компенсаторнинг ротори билан уланган ўзгармас ток генераторидан электр двигатели үйғотиши схемаси сифатида фойдаланилади.

Водород билан совитиладиган энг йирик компенсаторларда үйғотиши, иссиқлик электр станциялари резервидаги үйғоттичига ўхшашиб, маҳсус үйғотувчи агрегат воситасида амалга оширилади.

Ҳозирги пайтда, эксплуатацияда ионли ёки ярим ўтказтичли ўз-ўзини үйғотувчи катта қувватли компенсаторлар ишлатилади. Юқорида айтиб ўтилгандек, бу үйғотиши системаси жуда тез таъсир этувчи ва параллел ишловчи энергосистемаларнинг турғунлигини ошириш учун жуда самарали ҳисобланади.

Компенсаторларнинг үйғотиши магнит майдонини сўндириш синхрон генераторлардаги сингари амалга оширилади.

Такрорлаш учун саволлар

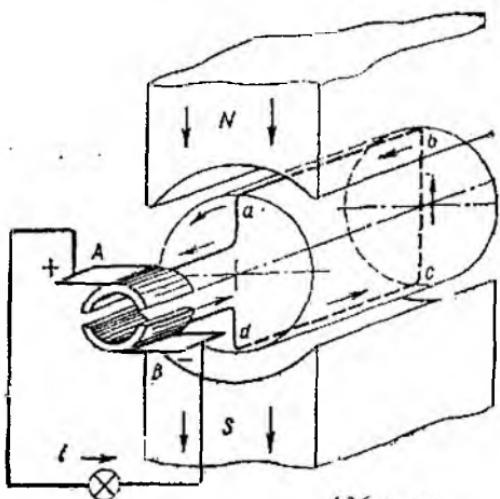
1. Синхрон машина деб қандай электр машинасига айтилади?
2. Синхрон машиналарнинг иш режимларини тушунтиринг?
3. Синхрон машинанинг айлантирувчи моменти қандай катталикларга боғлиқ?
4. Синхрон компенсатор деб нимага айтилади ва у қандай вазифани бажаради?
5. Синхрон генераторда ўрамлар сони $W = 226$, чулғам коэффициенти $K_1 = 0,8$, айланиш тезлиги $n_1 = 1500$ айл/мин, жуфт қутблар сони $P = 2$, қўзғатиш чулғами ҳосил қиласиган магнит оқим $\Phi_m = 0,01$ Вт. Салт режимида генераторнинг ЭЮК аниқлансан.
6. Нима учун турбогенераторнинг ротори аёнмас қутбли қилинади, гидрогенераторда эса роторида аён қутблар кўп бўлади?
7. Синхрон генератор статорнинг чулғамида ЭЮК $E = 4,44 \text{ } \Phi f N_k$. Агар: уйғотиш чулғамида ток кўпайтирилса; роторнинг айланиш частотаси n_2 камайтирилса ЭЮК нинг қиймати қандай ўзгариади?
8. Тахминан бир хил қувватли трансформатор ва синхрон генераторнинг ташкии характеристикалари нисбий бирликларда $U/U_R=f(I_L/I_R)$ координаталарнинг умумий ўқларида тасвиirlанган. Бу характеристикалар чизмада бир-бирига нисбатан қандай ҳолатни эгаллайди?

VII БОБ. ЎЗГАРМАС ТОК МАШИНАЛАРИ

7.1. АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР

Хозирги замон ишлаб чиқариш техникасида құлланиладиган элекстр машиналарининг күпчилігі уч фазали ёки бир фазали ўзгарувчан ток машиналаридір. Ўзгарувчан ток машиналарининг тузилиши ўзгармас ток машиналариникідан анча содда ва пухтадір.

Халқ хұжалигининг күпгина соҳаларыда электр машиналарининг (трамвай, троллейбус, метро поездлари, лифт, электр поездларининг) күп механизмлари ўзгармас ток двигателләри билан ҳаракатта көлтириледі.



136-расм

Агар генераторнинг якори магнит майдонда айлантирилса, якорда ЭЮК ҳосил бўлади. Бу ЭЮК нинг қиймати қуйидагича бўлади: $e = B \cdot l \cdot \vartheta$, бу ерда B – магнит майдон индукцияси; l – ўтказгичнинг узунлиги; ϑ – ўтказгичнинг силжиш тезлиги.

a, b, c, d – ўтказгичларда бир хил ЭЮК бўлади. Бу ЭЮК лар қўшилиб якорда тўла ЭЮК ни ҳосил қиласди, яъни;

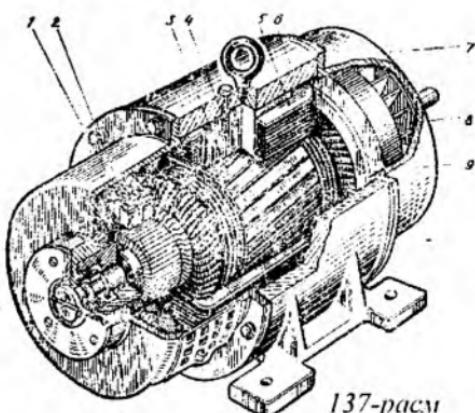
$$E = 2e_+ = 2B \cdot l \cdot \vartheta.$$

Тұла ЭЮК үзгариб туради, чунки үтказгич а, б, с, д магнит қутблари орасыда ҳаракатланади. Шунинг учун үтказгичда ЭЮК нинг йұналиши ҳам үзгариб туради.

Агар А ва В пластинкалар ташқи занжирга уланса, ташқи занжирда ва шунингдек, якорда (abcd үтказгичда) ток ҳосил бўлади.

Генератордан үзгармас ток олиш учун якорь симлари иккита ярим ҳалқага — коллекторга уланиши лозим. Ташқи занжирда үзгармас ток мусбат қутбдан манфий қутбга йўналади. А чўтка мусбат, В чўтка эса манфий қутбга эга бўлади. Якорь 180° га бурилганда ўрам симларида ЭЮК нинг йұналиши үзгарамади, лекин ташқи занжирда ток йўналиши үзгармайди, чўтка сим ўрамларида ЭЮК нинг йўналиши үзгарганда чўткалар сирпанадиган ярим ҳалқалар алмашади. Чўткалар сирпанадиган ярим ҳалқалар алмашиш пайтида занжирда ток нолга teng бўлади. Шундай қўлиб А чўтка шимолий магнит қутби остида турган симга уланган ярим ҳалқа (коллектор пластинкаси), В чўтка эса жанубий магнит қутби устида турган симга уланган ярим ҳалқада сирпанади, натижада чўткалар қутби үзгармайди. Демак, ташқи занжирда ток йўналиши ҳам үзгармайди. Коллектор үзгарувчан ЭЮКни йўналиши үзгармас, лекин пульсланувчи токка айлантириб берадиган механик тўғрилагич вазифасини бажаради.

7.2. ҮЗГАРМАС ТОК МАШИНАЛАРИНИНГ ТУЗИЛИШИ



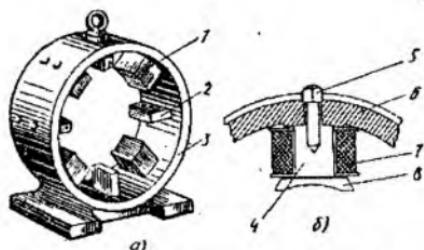
Механик энергия электр энергияга электр машиналари ёрдамида айлантирилади. Бундай машиналарга электр генератори дейилади. Генератор буг, гидравлик ва газ турбиналари, ички ёнув двигателлари ва бошқалар ёрдамида ҳаракатга келтирилади.

137-расм. Ўзгармас ток электр генераторининг тузилиши:

1-коллектор; 2-чўткалар; 3-якорь ўзаги; 4-асосий қутб ўзаги; 5-қутб фалтаги; 6-станица; 7-подшипниклар шчити; 8-вентилятор; 9-якорь чулғами.

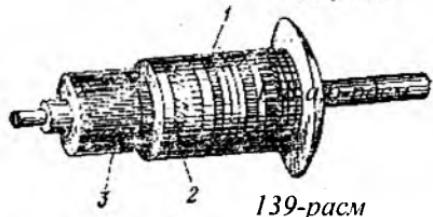
Агар электр машинаси электр энергияни механик энергияга айлантиrsa, бундай машинага электр двигатель дейилади.

Ўзгармас ток генератори электролиз курилмаларида, аккумуляторни зарядлашда ва ўзгармас ток двигателларига ток берисда ишлатилади.



137-расм

Ўзгармас ток генераторининг тузилиши 137 ва 138-расмларда тасвиirlанган. Машинанинг қўзғалмас қисми (138-расм, а) бош қутблар 1, қўшимча қутблар 2 ва станица 3 дан иборат. Бош қутб (138-расм, б) магнит оқим ҳосил қилувчи электромагнитdir. Бош қутб 4, уйғотиш чулғами 7 ва қутб учлари 8 дан ташкил топади. Қутблар станица 6 га болтлар 5 ёрдамида маҳкамланган. Қутб ўзаги пўлатдан овал шаклида ясалади. Унга изоляцияланган мис симлардан



138-расм

139-расм

ўралган уйғотиш чулғамининг фалтаги кийдирилади. Барча қутбларнинг фалтаклари кетма-кет уланиб, уйғотиш чулғамини ҳосил қиласди. Уйғотиш чулғамидан ўтаётган ток магнит оқим ҳосил қиласди.

Қутб учлари уйғотиш чулғамларини қутбда тутиб туради ва магнит майдонни бир текис тақсимлайди.

Қутб учларига қутб билан якорь орасидаги бўшлиқ қутб ёйининг бутун узунлиги бўйича бир хил бўлишини таъминлайдиган шакл берилади. Қўшимча қутбларнинг ўзаги ва уларга кийдирилган фалтак шаклидаги чулғамлари машинани иш хусусиятини яхшилашга хизмат қиласди.

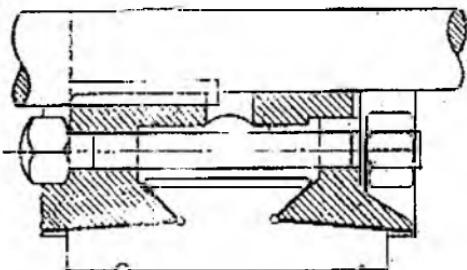
Машинанинг якорь деб аталадиган айланувчи қисми (139-расм) ўзак 1, чулғамлар 2 ва коллектор 3 дан иборат. Якорнинг ўзаги пўлат пластинкаларидан цилиндр шаклида

йигилади. Бу пластинкалар уюрма токлар билан боғлиқ бўлган истрофни камайтириш мақсадида бир-биридан лак ёки қороз билан изоляция қилинган бўлади.

Якорь чулғами изоляцияланган мис симлардан ёки тўғри тўртбурчак кесимли мис стерженлардан тайёрланади. Чулғам махсус шаблонлардан тайёрланган ва якорь ўзаги ариқчаларига жойлаштирилган айрим секциялардан тузилади. Бу ўрамли секция бир-бирига уланган иккита актив ўтказгичдан иборат бўлади.

Секцияларда битта ёки ундан ортиқ ўрамлар бўлиши мумкин. Ўрамлар сони кўп секциялар кўп ўрамли секциялар деб аталади. Чулғам ўзакдан яхшилаб изоляция қилинади ва ариқчаларга ёғоч поналар билан маҳкамланади. Чулғамнинг якорга жойлаштирилган ҳамма секциялари бир бутун ёпиқ занжир ҳосил қилиб, бир-бирига кетма-кет уланади.

Чулғам схемаси бўйича кетма-кет уланувчи икки секцияни туташтирадиган коллектор пластинкаларига уланади.

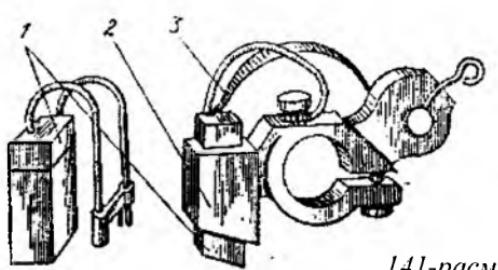


140-расм

Коллектор бир-биридан изоляцияланган мис пластинкалардан цилиндр шаклида ясалади (140-расм).

Коллектор генераторда механик тўғрилагич вазифасини бажаради, чунки у якорь чулғамларидағи ўзгарувчан токни ўзгармас токка айлантириб ташки занжирга беради.

Якорь чулғамларини ташки занжирга улаш учун коллекторга қўзғалмас чўткалар 1 жойлаштирилади. Чўткалар махсус чўтка тутқичлар 2 да туради (141-расм). Чўткалар коллекторга



141-расм

пружина 3 билан сиқиб турилади.

7.3. ЎЗГАРМАС ТОК ГЕНЕРАТОРИНИНГ ЭЛЕКТРОМАГНИТ МОМЕНТИ

Генераторнинг якори айлантирувчи момент M ҳосил қилувчи бирор двигатель орқали ҳаракатга келтирилади. Якорь чулғамининг ўтказгичлари қутбларнинг магнитавий майдонини кесиб ўтиши натижасида Э.Ю.К индукцияланади. Агар якорнинг минутига айланышлари сони n бўлса, унинг чулғамларида индукцияланган Э.Ю.К қуидагича бўлади:

$$E = C \cdot n \cdot \Phi. \quad (7.1)$$

Агар якорь чулғами чўткалар орқали бирор юкламага улансан якордаги ток қуидагича бўлади:

$$I_a = \frac{E}{R_s + R_u}.$$

Ток билан қутблар магнитавий майдонининг ўзаро таъсири натижасида электромагнит момент ҳосил бўлади:

$$M_e = \frac{P_2}{\omega}; \quad \omega = \frac{P_2}{M_e} \quad (7.2)$$

бу ерда P_e — генераторнинг электромагнит қуввати.

Генератор электромагнит қувватини ЭЮК нинг мувозанат тенгламасидан топиш мумкин:

$$UI_a = EI_a - I_a^2 R_a \quad (7.3)$$

ёки қувват

$$P_2 = P_e - P_{чул}, \quad (7.4)$$

бундан

$$P_e = P_2 + P_{чул}$$

Генератор ҳосил қиласидиган момент M_t , тормозловчи момент бўлиб, у. якорнинг айланиш йуналишига тескари йўналади. Шу сабабли, якорни айлантириш учун бирламчи двигатель томозловчи электромагнит моментни енга оладиган айлантирувчи момент M_l ҳосил қилиши лозим. Моментлар мувозанатлашганда, яъни $M_l = M_e$ бўлганда генератор якори ўзгармас частота билан айланади. Моментлар мувозанати бузилса, якорнинг айланышлар сони ўзгаради. Агар бирор сабаб билан бирламчи двигатель моменти M_l камайиб кетса, унда

генератор якорининг айланишлар сони ҳам камаяди. Натижада якордаги ток ҳам ундағи ЭЮК ҳам камайиб, үз навбатида якорь тормозловчи электромагнит моментни камайтиради. Бирламчи двигатель моменти ошганда эса ($M_1 > M_3$) якорь айланишлари сони ҳамда унинг чулғамидағи ЭЮК ва ток кучи ошиб, томозловчи электромагнит моментни ошириб юборади.

Демак, моментлар мувозанати бузилганды якорнинг айланишлар сони, унинг чулғамидағи ЭЮК ва ток үзгара бошлайды ва бу үзгаришлар моментлар мувозанати тикланмагунча, яъни генераторнинг электромагнит моменти бирламчи двигатель моментига тенглашмагунча давом этади. Якорнинг бурчак тезлиги:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}.$$

Электромагнит қувват:

$$P_3 = EI_a,$$

бунда

$$E = \frac{pW}{60a} n\Phi,$$

демак, генераторнинг электромагнит моменти қуидагича бўлади:

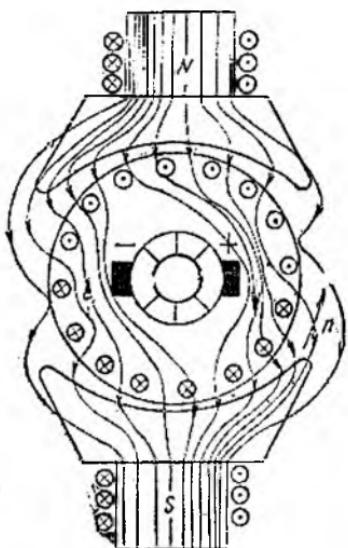
$$M_3 = \frac{pW}{2\pi a} \Phi I_a, \quad (7.5)$$

бу ерда $\frac{pW}{2\pi a}$ – берилган генератор учун үзгармас катталик бўлиб, уни К билан белгиласак, үзгармас ток генераторининг электромагнит моменти қуидагича бўлади:

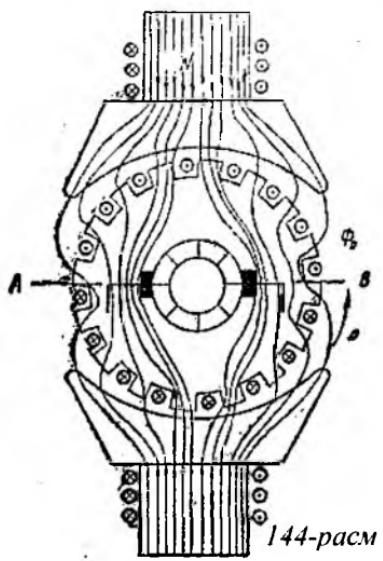
$$M_3 = K\Phi I_a.$$

Демак, генераторнинг электромагнит моменти қутбларнинг магнит майдон оқими билан якордан ўтадиган токнинг кўпайтмасига тўғри пропорционал экан.

7.4. ЯКОР РЕАКЦИЯСИ



143-расм



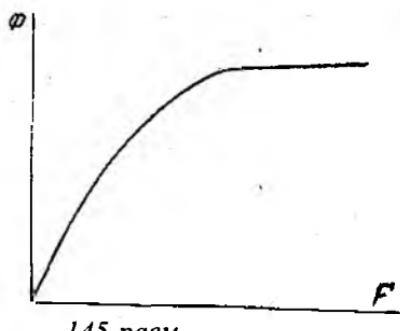
Ўзгармас ток генератори салт ишлаганида унинг якорь чулгамидан ўтадиган ток $I_a = 0$ бўлади. Бунда генератор уйғотиш чулгамининг магнитловчи кучи F_0 ҳосил бўлади. Бу магнитловчи куч магнитавий оқим Φ_0 ни ҳосил қиласди, бу оқим якорь орқали шимолий қутбдан жанубий қутбга томон ўтади (143-расм). Бу ҳолда магнитавий майдон индукцияси қутб учларида ўзгармайди ($B = \text{const}$).

Генератор юклама билан ишлаганда якорь магнитловчи кучининг генератор магнитавий оқими катталигига таъсири якорь реакцияси дейилади.

Якорь реакцияси қутблар магнитавий майдонининг шаклини ўзgartиради.

Агар генераторга юклама берилса, якорнинг ўзи электромагнит бўлиб қолади ва унинг магнитловчи кучи F_a иккинчи якорнинг кўндаланг магнитавий оқими Φ_a ни ҳосил қиласди. Бу оқим машинанинг ҳаво оралиги орқали машина қутбларига кўндаланг туташади ва қутбнинг бир (шимолий қутбнинг чап чеккаси ва жанубий қутбнинг ўнг) чеккаси остида ҳаво оралиғидага B_b индукцияни камайтиради, бошقا (шимолий қутбнинг ўнг ва жанубий қутбнинг чап) чеккаси остида B_b индукцияни ортиради (144-расм).

Генератор қутбларининг магнитловчи кучи асосий магнитавий майдонини ҳосил қиласди.



145-расм

яъни якорь реакциясининг кўндаланг майдони, қутблар магнитавий майдонини унинг битта қиррасида камайтиради, иккинчисида эса кучайтиради. Якорь реакциясининг майдони якорь маркази орқали ўтиб, натижавий магнитавий майдон ўқига перпендикуляр бўлган чизиқни ҳам силжитади.

Агар машинаси магнит системаси тўйинмаган бўлса, якорь реакцияси қутб қиррасидаги магнитавий оқимининг камайишига teng бўлиб, натижавий магнит оқими юклама ўзгармаганда ўзгармай қолади.

Машина магнитавий оқимининг ўзгариши ҳам генератордаги ЭЮК ни, ҳам машина қисмларидағи кучланишни ўзгартиради. Ундан ташқари якорь реакцияси таъсирида ёнма-ён турган коллектор пластинкалари орасидаги кучланиш ошиб, ток коммутациясини ёмонлаштиради.

Масалан, генератордаги уйғотиш токи ўзгармаганда юклама ўзгарса, якорь реакцияси майдонининг магнитсизловчи таъсири остида машинанинг магнитавий оқими камайиб, ҳам генератор ЭЮК ни, ҳам унинг қисқичларидағи кучланишни камайтиради.

Шу сабабли, генератор ЭЮК ва унинг қисқичларидағи кучланиш ўзгармай қолиши талаб қилинган ҳолларда машинанинг юкламасини ошириш билан уйғотиш токи ҳам оширилади, чунки бунда қутб магнитавий оқимининг ортиши якорь реакциясининг магнитсизловчи таъсирини компенсациялайди.

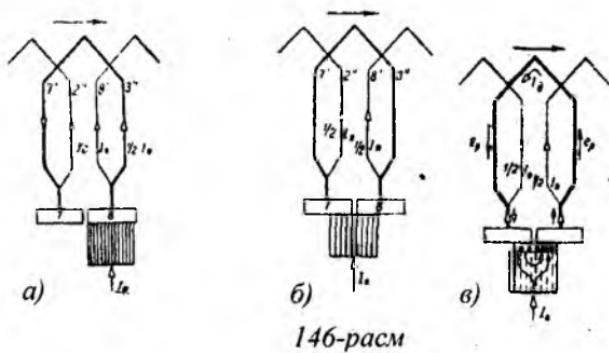
Магнитавий майдон оқимининг магнит юритувчи куч билан бўгланиши $\Phi = f(F)$ магнитланиш характеристики каси дейилади (145-расм). Генератор юклама билан ишлаганда натижавий магнит майдони қутблар ўқига симметрик бўлмайди (144-расмга қаранг),

Якорь реакцияси таъсирида генератор магнит майдонининг камайишини қўзғатиш чўлғамининг магнитловчи кучини ошириш йўли билан ҳам тузатиш мумкин. Бунда генератор салт ишлаганда қўзғатиш чўлғамининг магнитловчи кучини бир неча фойизга ошириш мумкин.

7.5. ТОК КОММУТАЦИЯСИ

Якорнинг чўлғам секцияларини бир параллел тармоқдан иккинчисига алмашлаб улаш йўли билан коллектордан чўткалар ёрдамида ток олиш процессига ток коммутацияси дейилади (146-расм а, б, в.). Коммутация жараёни шундан иборатки, маълум вақт оралиғида битта ёки бир неча секция чўтка билан уланади. Коммутация жараёни содир бўлиши учун сарфланган вақт коммутация даври дейилади.

Коммутация жараёнида ток ўз йўналишини ўзгартиради, бунда ўзиндукция ЭЮК билан ўзароиндукция ЭЮК пайдо бўлади. Натижада чўткалар орасида учқун чиқади. Чўткалардан учқун чиқишига бошқа сабаблар ҳам бор. Бу сабабларга чўтканинг коллекторга яхши тегмаслиги, коллектор сиртининг нотекислиги ва унинг ифлослиги, коллектор пластинкалари орасига қўйилган изоляциянинг ишдан чиқиб қолиши, чўтка тутқичининг маҳкам ўрнатилмаганилиги киради. Бундан ташқари, қўшни коллектор пластинкалари орасидаги кучланиш қиймати маълум миқдордан ортиб кетиши натижасида ҳам учқун чиқади.



Ток коммутациясини яхшилаш учун – қўшимча I_k токни (146-расм, а га қаранг) камайтириш зарур. Бунинг учун кўмир чўткалар ишлатиш ҳисобига оралиқ қаршиликлар камайтирилади.

Бундан ташқари ток коммутациясини яхшилаш учун машинада қаттиқроқ чўткалар (кўмир, графит, электрографит) ишлатилади. Бундай чўткаларнинг контакт қаршилиги анча катта,

лекин уларда ток зичлиги анча кичик бўлади. Бундай чўткалар ишлатилганда чўтка контакти юзасини унинг узунлиги ҳисобига ошириш талаб қилинади. Бу эса машина ўлчамларини катталаштириб юборади. Шунинг учун улар асосан юқори кучланишли ўзгармас ток машиналарида ишлатилади.

Ҳозирги вақтда мамлакатимиз саноатида ишлаб чиқарилаётган ўзгармас ток машиналарида ток коммутациясинъ яхшилаш учун асосий қутблар орасига қўшимча қутблар жойлаштирилади.

7.6. ЎЗГАРМАС ТОК ГЕНЕРАТОРЛАРИНИНГ ТУРЛАРИ

Генераторлар ишлатиш хусусиятларига кўра бир-бирларидан фарқ қилувчи бир неча турларга бўлинади. Уларнинг бу хусусиятлари генераторнинг уйғотиш чулғамлари қандай манбалардан таъминланишига боғлиқ бўлиб, шунга кўра улар икки турга бўлинади:

1. Уйғотиш чулғами ташқи ўзгармас ток манбаига уланган мустақил уйғотишли генераторлар.

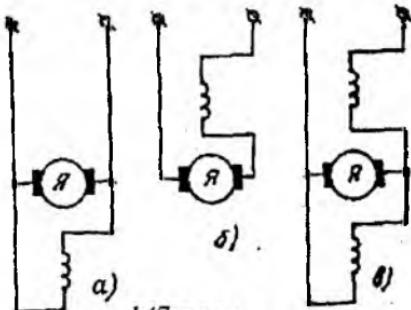
2. Ўз-ўзидан уйғотилувчи, яъни уйғотиш чулғами шу генератор якоридан ток олиб ишлайдиган генераторлар.

Ўз-ўзидан уйғотилувчи генераторлар эса уч хил бўлади:

а) уйғотиш чулғами якорь чулғамига параллел уланган уйғотишли генераторлар (147-расм, а.);

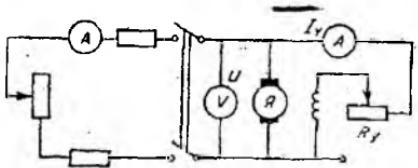
б) уйғотиш чулғами якорь чулғамига кетма-кет уланган кетма-кет уйғотишли генераторлар (147- расм, б.);

в) иккита уйғотиш чулғами бўлган – бири якорь чулғами билан параллел, бошқаси эса у билан кетма-кет уланган аралаш уйғотишли генераторлар (147-расм, в.).



Параллел уйғотишли генератор схемаси 148-расмда кўрсатилган. Бундай генераторда уйғотиш чулғами якорь қисқичларига уланган бўлади.

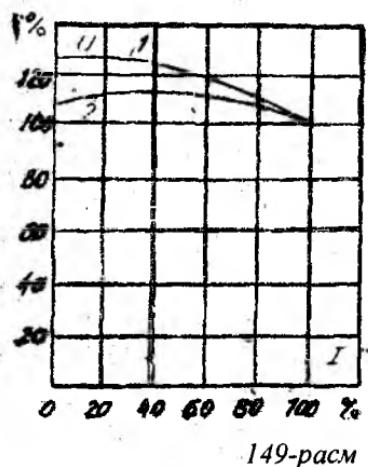
Генератор уйғотиши токи ҳосил қылган магнит оқимининг иштеп алынышы қолдиқ индукция оқими билан мос келгандагина уйғотилади. Бу ҳолда уйғотиши чулғамидан қолдиқ ЭЮК E_k туфайли ҳосил бўлган ток машинани магнитлайди, генераторнинг магнит оқимининг қайтадан кўпайишига сабаб бўлади. Бундай ўз-ўзидан уйғотиши процесси ЭЮК уйғотиши чулғамидаги кучланиш пасайишига тенглашгунча, яъни $E = I_y R_y$ бўлгунча давом этади.



148-расм

мустақил уйғотишли генераторнинг ташки характеристикаси эгри чизиги 2 га ўхшайди. Параллел чулғамдаги ток генератордан юклама олинганда ўзгармасдан қолмайди, балки кучланишнинг ортиши билан ортиб боради, чунки R_y қаршилик ўзгармасdir. Шу сабабдан магнит оқим ва демак, генераторнинг ЭЮК ортади.

Параллел уйғотишли генераторнинг ташки характеристикаси, яъни $n = \text{const}$ ва $R_y = \text{const}$ бўлгандаги $U = f(I)$ боғланиш 149-расмда кўрсатилган 1 чизиқдан иборат. Бу эгри чизиқ

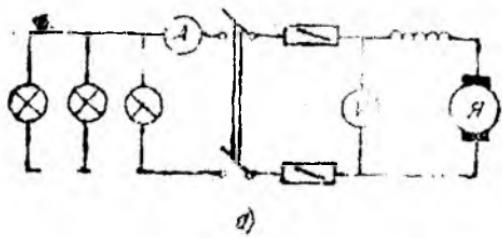


149-расм

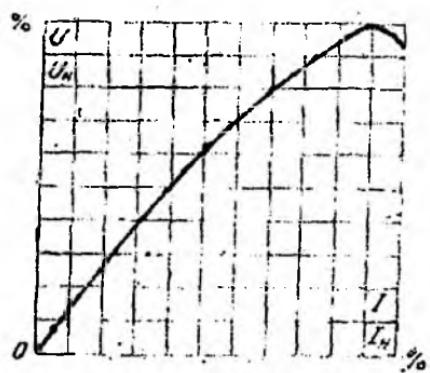
генераторнинг ташки характеристикаси 150-расм, а да берилган.

Кетма-кет уйғотишли генераторнинг схемаси 150-расм, а да тасвирланган. Бундай генератор уйғотиши чулғамининг қаршилиги ҳам якорь қаршилигидек бўлади. Симларнинг кўндаланг кесимлари, одатда анча катта, чулғам ўрамлари эса унча кўп бўлмайди, чунки магнитловчи қуч якорь токига тенг бўлган ток таъсирида ҳосил қилинади.

Якорнинг айланиш частотаси ўзгармаганда генератор қисқичларидаги кучланиш юклама токига боғлиқлиги, яъни гене-

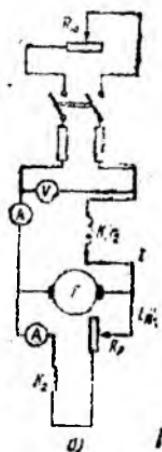


a)

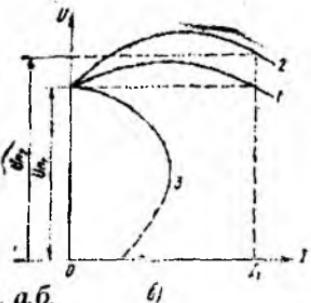


b)

150-расм, а,б.



151-расм, а,б.



ли генераторнинг схемаси 151-расм, а да берилган. Бундай генераторларда иккита ўйғотиш чулгами бўлади, улардан бири якорь билан параллел, иккинчиси кетма-кет уланади. Генераторнинг

Генератор қисқичлари-даги кучланиш юклама токининг ортиши билан аввал ўсади, сўнгра ўсиши тўхтайди. Генераторда кучланишнинг ортишига сабаб, юклама токининг, яъни ўйғотиш токининг ўсиши, бунинг натижасида эса магнит оқимнинг ва машина электр юритувчи кучининг ортишидир. Ток номинал токка яқинлашганда кучланишнинг ортиши тўхтайди. Бунга машина тўйинишига яқинлашган сари магнит оқимнинг жуда кам ортиши, якорь реакциясининг ортиши ва генераторда кучланишнинг тушуви сабаб бўлади, яъни

$$U = E - I(R_y + R_x)$$

бу ерда $I(R_y + R_x)$ – чулғамларда кучланиш тушувлари йифиндиси. Бундай генераторларда юклама ўзгарганда уларнинг қисқичларидағи кучланиш анчагина ўзгаради, шунинг учун улар ишлаб чиқаришда кам ишлатилмоқда.

Аralаш қўзғатиши-

Магнит оқимини, асосан параллел уйғотиш чулғами ҳосил қиласы. **Кетма-кет** уйғотиш чулғамининг магнитловчи күчі параллел уйғотиш чулғамининг магнитловчи күчі билан құшилады. Бу эса генератор ташқи характеристикасининг **анча** қаттық бўлишини таъминлайди.

Генератор юкламасиз ишлаганда ($I = 0$) фақат параллел уйғотиш чулғами ишлайди. Юклама уланганда кетма-кет уйғотиш чулғамининг магнитловчи күчі ҳосил бўлади. Бунда генератор қўшимча магнитланади, якорь реакциясининг магнитловчи таъсирини бутунлай йўқотади, ҳамда якорь занжирида кучланиш пасаймайди. Натижада генератор ташқи характеристикасининг згрилиги анча камайди (151-расм, б. даги 1 эгри чизик) яъни юклама ортган сари генератор кучланиши деярли ўзгармайди. Кучланиш ўзгармаслиги учун кетма-кет уланган. Уйғотиш чулғамининг ўрамлар сони кўпайтирилади. Бу чулғамининг магнитловчи күчі линия симларида кучланиш тушувини ҳам компенсациялади.

7.7. ЎЗГАРМАС ТОК ГЕНЕРАТОРИДАГИ ИСРОФЛАР

Электр машиналари механикавий энергияни электр энергияга ёки электр энергияни механикавий энергияга айлантиради.

Энергиянинг бир турдан иккинчи турга айланышыда энергиянинг бир қисми иссиқликка айланыб кетади. Энергиянинг бир қисмiga исроф дейилади. Ўзгармас ток генераторида исрофлар пўлатда, чулғам симларида, якорь подшипникларидағи ишқаланиш туфайли ва қўшимча симларда содир бўлади.

1. **Механикавий исрофлар.** $P_{\text{мех}}$ – ишқаланишдан бўладиган исрофлар: подшипниклардаги ишқаланиш, айланувчи қисмларнинг ҳавога ва чўткаларнинг коллекторга ишқаланиши туфайли содир бўлади.

Механикавий исрофлар қуввати генераторнинг айланыш частотасига пропорционал бўлади. Механикавий исроф $P_{\text{мех}}$ айланыш частотаси ва уйғотиш токи ўзгармас бўлганда доимий бўлади ва генераторнинг юкламасига боғлиқ бўлмайди. Бу

исрофлар салт ишлаш исрофлари (P_c) дейилади. Механикавий исрофларни қуидаги күринища ёзиш мумкин:

$$P_{\text{Мех}} = P_{\text{п}} + P_{\text{x}} + P_{\text{q}}; \quad (7.6)$$

бу ерда $P_{\text{п}}$ – подшипниклардаги ишқаланиш туфайли бўладиган исроф;

P_x – айланувчи қисмларнинг ҳавога ишқаланишидан ҳосил бўладиган исроф;

P_q – чўткаларнинг коллекторга ишқаланишдан ҳосил бўладиган исроф.

2. Пўлатдаги ёки магнит исрофлар. Пўлат ўзакни қайта магнитлаш жараёнида гистерезис ва уюрма токлар ҳосил бўлишидаги исрофлар.

Якорь магнит ўзагидаги исроф қуидаги формула билан ҳисобланади:

$$P_m = k P_1 B^2 \left(\frac{f}{50} \right)^{1.3D}.$$

бу ерда: P_1 – пўлатдаги солиштирма исроф; B – магнит индукцияси; f – ўзгарувчан ток частотаси; D – якорь пўлатининг массаси.

3. Якорь мисидаги исроф.

4. Қўшимча исроф P_k – якорь чулгами ва пўлатдаги магнитавий майдоннинг якорь реакцияси туфайли ва секциялар атрофида магнитавий майдоннинг бузилишидан вужудга келади.

5. Электрик исрофлар. Ток якорь чулгами ва чўткалар билан коллектор орасидаги контактдан ўтганда барча уйғотиш чулғамларида ва қўшимча қутбларда юзага келади.

Электр исрофни умумий ҳолда қуидаги формула билан ифодалаш мумкин:

$$P_s = I_a^2 R_s + P_q = I_a^2 R_c + U I_y,$$

бу ерда: $P_q = i_a \Delta U$ – чўтка контактидаги исрофлар туфайли кучланишнинг пасайиши билан белгиланади.

Якорь чулгами ва пўлатдаги қўшимча исрофлар P_k магнитавий майдоннинг якорь реакцияси туфайли ва магнитавий майдоннинг бузилишидан содир бўлади.

7.8. ЎЗГАРМАС ТОК ГЕНЕРАТОРИДАГИ ФОЙДАЛИ ИШ КОЭФФИЦИЕНТИ

Ўзгармас ток генераторининг фойдали қуввати P_2 нинг берилган қувват P_1 га нисбати билан ўлчанувчи катталик генераторнинг фойдали иш коэффициенти деб аталади:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}.$$

Генераторга берилган қувват P_1 унинг фойдали қуввати P_2 ва айрим қувватларнинг йигиндисига тенг, яъни

$$P_1 = P_2 + \Sigma P$$

ёки

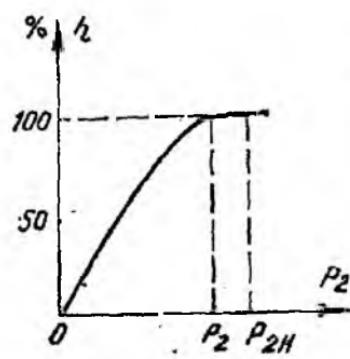
$$P_2 = P_1 - \Sigma P,$$

бу ерда, $\Sigma P = P_{\text{мех}} + P_{\text{п}} + P_{\text{я}} + P_{\text{к}} + P_{\text{к}} + P_{\text{эл}}$. У ҳолда генераторнинг ф.и.к.

$$\eta = \frac{P_2}{P_1 + \Sigma P} \cdot 100 = \frac{P_1 - \Sigma P}{P_1} \cdot 100 = \left(1 - \frac{\Sigma P}{P_1}\right) \cdot 100$$

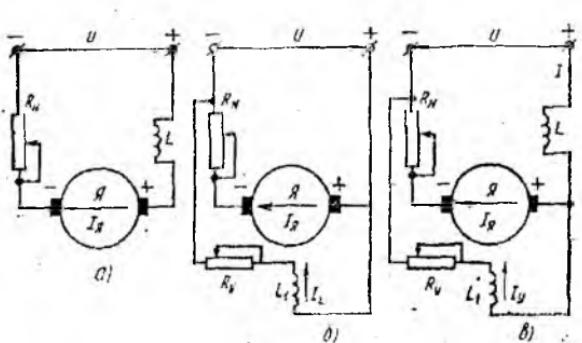
Генератор фойдали иш коэффициентининг юкламага боғлиқ ўзгариши 152-расмда кўрсатилган.

Юклама кичик бўлганда ф.и.к кичик бўлади, чунки фойдали қувват P кичик, салт ишлаш исрофи эса ўзгармас, шу сабабли фойдали қувват ортганда фойдали иш коэффициенти ҳам тез ортади. Сўнгра электрик исрофлар P ток квадратига пропорционал равишда ортади, чунки фойдали иш коэффициентининг катталаниши секинлашади ва ўнинг катталиги бирор макеимумга етиб, камая бошлайди.



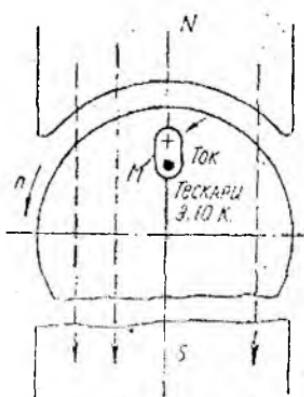
152-расм

7.9. ЎЗГАРМАС ТОК ДВИГАТЕЛЛАРИ



153-расм. а, б, в.

Ўзгармас ток двигателининг ишланиши принципи уйғотиш чулгами үралган асосий магнит қутблари ҳосил қилган магнитавий майдоннинг якорь чулғамидағи ток билан ўзаро таъсирига асосланған. Бунда механикавий күч якорь симларига ва улар орқали якорь пўлат ўзагининг ариқчаларидан тишлиларига таъсир этиши тажрибада аниқланған. Бу механикавий кучлар электромагнит момент M ни ҳосил қилади. Бу момент таъсирида якорь айланади. Двигатель электр тармоғидан энергия олиб, уни механикавий энергияга айлантиради (154-расм).



154-расм

$$U = E_a + I_A R . \quad (7.7.)$$

Ўзгармас ток двигателлари ҳам генератор, ҳам двигатель сифатида ишлай олади ва улар уч типга бўлинади: параллел уйғотиши, кетма-кет уйғотиши ва аралаш уйғотиши (153-расм, а, б, в).

Двигатель ишлаганды унинг якори магнитавий майдонда айланади, чулгамида йўналиши «ўнг қўй» қоидаси билан аниқланадиган э.ю.к ҳосил булади. Бу э.ю.к ўзгармас ток генераторининг якорь чулғамида ҳосил бўлган э.ю.к дан ҳеч фарқ қиамайди. Двигателда бу э.ю.к якорь токи I_A га тескари йўналганилиги учун уни двигателининг тескари э.ю.к дейилади. Ўзгармас тезлик билан ишлаб турган двигатель э.ю.к кучининг тенгламаси қуйидагича бўлади:

Двигателнинг тармоқдан олган кучланиши якорь чулғамида ҳосил бўлган тескари э.ю.к ва якорь занжиридаги кучланиш насайиши билан мувозанатлашади. (7.7) дан якорь токи қуийидагича аниқланади:

$$I = \frac{U - E_a}{R}, \quad (7.8)$$

(7.7.) тенгламанинг иккала томонини I_a га кўпайтириб, қувват тенгламасини топамиз:

$$UI_a = E_a I_a + I_a^2 R,$$

бу ерда UI_a — якорь чулғами занжирининг қуввати, $I_a^2 R$ — якорь занжиридаги истроф бўлган қувват.

$E_a I_a$ ни ўзгармас ток генераторининг э.ю.к. формуласидан аниқлаймиз:

$$E_a I_a = \frac{PW}{60a} \cdot \Phi \frac{60\omega}{2\pi} I_a$$

ёки

$$E_a I_a = \frac{PW}{2\pi a} \Phi I_a \omega$$

Бундан

$$M = \frac{PW}{2\pi a} \Phi I_0 \omega$$

у ҳолда

$$M \omega = P,$$

Двигателнинг электромагнит қуввати двигателнинг электр тармоғидан олинган қувватининг механикавий қувватга айланган қисмiga тенг, яъни

$$UI_a = M \omega + I_a R.$$

Демак, двигатель валидаги юклама ортса, якорь чулғами занжиридаги қувват ҳам ортар экан.

7.10. ЎЗГАРМАС ТОК ДВИГАТЕЛИНИ ИШГА ТУШИРИШ

Двигателини ишга туширишнинг дастлабки пайтида якорь ҳаракатсиз булиб, тескари э.ю.к. нолга тенг бўлади. Якорь занжиридаги қаршилик эса ўзгармас бўлади, яъни $R = R_a + R_n = \text{const}$. Бундан ташқари, двигателнинг магнит оқими Φ , электр тармоғидаги кучланиш ва қаршилик моменти M ҳам ўзгармас деб, якорь чулғамишинг индуктивлиги L эса нолга тенг деб қабул қилинади.

Ўзгармас ток двигателини ишга тушириш жараёни учун қуийидаги тенгламаларни тузиш мумкин:

$$U = C_e^e + U_a, \quad (7.9)$$

$$M = C_m I_a = I \frac{d\omega}{dt} + M_k \quad (7.10)$$

Агар (7.9) ифодада электромагнит инерцияни ҳисобга олсанк,

$$U = C_e \omega + U_a + L_a \quad (7.11)$$

бўлади.

(7.10) ифодадан I_a ни топиб, уни (7.9) га қўямиз, сўнгра тенгламанинг ўнг ва чап томонларини C_e га бўлиб ёзамиз:

$$\frac{U}{C_e} = \omega + \frac{LR}{C_e C_m} \cdot \frac{d\omega}{dt} + \frac{M_k}{C_e} \cdot \frac{R}{C_m}$$

ёки

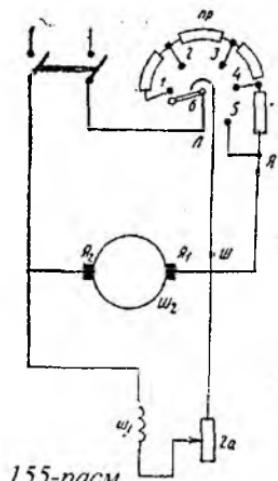
$$\omega_0 = \omega + T_{\text{эм}} \frac{d\omega}{dt} + \Delta \omega_k, \quad (7.12)$$

бу ерда ω_0 – идеал салт иш режимидаги бурчак тезлик; $\Delta \omega$ – юклама туфайли двигатель тезлигининг пасайиши; $T_{\text{эм}}$ – электромеханикавий вақт константаси.

Агар момент билан ток орасидаги пропорционаллик ҳар доим сақланиб туради деб қабул қилинсан, у ҳолда ишга туширишнинг бошланғич пайтида $C_t = \frac{M_k}{I_k}$ бўлади. Демак, электромеханикавий вақт константасини қуийидагича ифодалаш мумкин:

$$T_{\text{эм}} = \frac{I\omega_0}{M_\zeta}.$$

Юкламасиз двигателни инерция моментига тенг бўлган тинч ҳолатдаги ўзгармас момент M_ζ таъсирида идеал тезлик ω_0 гача айлантириш учун кетган давр вақт константаси деб аталади ва $T_{\text{эм}}$ билан белгиланади. Якорь занжирининг қаршилиги ортиши билан M_ζ нинг қиймати камаяди., вақт константасининг қиймати эса ортади. $T_{\text{эм}}$ нинг қиймати юкламага боғлиқ бўлмайди.



155-расм

155-расмда параллел уйғотишли двигателнинг ишга тушириш реостати билан бирга схемаси берилган. Ишга тушириш реостатининг Λ , Я ва Ш ҳарфлар билан белгиланган учта қисқичи бор. Λ реостатнинг жилгичига уланган ва рубильникларнинг битта қутбига бириктирилган. Қисқич Я реостат қаршилигига уланган ва якорь Я нинг қисқичи билан бириктирилган.

Ишга туширишдан один рубильник уланади ва реостат жилгичи контакт 1 га сурилади. Демак, ишга тушириш реостати ПР нинг тўла қаршилиги якорга кетма-кет уланади. Бунда реостат қаршилигига шундай танланадики, ундан ўтадиган максимал ток I_{max} номинал ток I_n га нисбатан катта бўлмаслиги керак, яъни

$$R = \frac{U}{I_{\text{max}}} - R_n$$

Двигателни тармоқга уланганда уйғотиш чулғамидан ҳам ток ўтади, бу ток ўз навбатида магнитавий оқим ҳосил қиласи. Якордаги ток билан қутблар магнитавий майдони орасидаги таъсир натижасида ишга тушириш моменти ҳосил бўлади.

Агар ишга тушириш моменти двигатель валига қўйилган тормозловчи моментдан катта бўлса ($M_{\text{тир}} > M$), двигатель якори айланма ҳаракатга келади. Инерция таъсирида айланиш частотасини ўз қийматини бир онда ўзgartира олмайди ва якорнинг айланиш сони секин ортади.

Якорь айланиш частотасининг ортиши билан тескари ЭЮК ошади, якордаги ток эса камаяди. Бу ўз навбатида двигатель айлати्रувчи моментини камайтиради.

Ишга тушириш реостати қаршилиги қисқа мұддатли токка мүлжалланганидан, иш режимида у узиб қўйилиши лозим, чунки узоқ мұддатли ток уни ишдан чиқариши мумкин.

Якордаги ток кичик I_{min} қийматгача камайганда, ишга тушириш реостати жилгичи контакт 2 га қўйилади. Бунда реостат қаршилиги бир поғонага камайиб, токни оширади. Ишга тушириш реостати ҳар бир поғанасининг қаршилиги шундай танланадики, реостат жилгичини бир контактдан иккинчисига сурғанда якордаги ток I_{min} дан I_{max} гача ўзгаради.

Якорь токи ошганда айлантирувчи момент ошади, натижада айланиш частотаси яна ортади. Якорь тезлигининг ортиши тескари ЭЮК ни ошириб, якордаги токни камайтиради. Якордаги ток яна кичик қийматгача камайганда реостат жилгичи контакт 3 га суриласди.

Шундай қилиб, ишга тушириш реостати қаршилиги ажратилмагунча (реостат жилгичи контакт 5 га суралмагунча) секин камайтирилаверади ва иш режимида якорь токи ва тезлиги двигатель валидаги тормозловчи моментта мос бўлган барқарор қийматларни олади.

Ишга тушириш вақтидаги энг кам ток двигателнинг иш режимига боғлиқдир. Агар двигатель тўла юклама билан ишга туширилса, унда $I_{min} = 1,1 I_n$ бўлади. Двигателни юклама билан ишга туширишда бу ток двигатель номинал токидан кам бўлиши мумкин.

Ишга тушириш реостати поғоналарининг сони $I_{max} - I_{min}$ айрмага боғлиқ бўлиб, бу айрма қанча кам бўлса, поғоналар сони шунча кўп бўлиши мумкин. Одатда, бундай реостатлар 2-7 поғонали бўлиши мумкин. Двигателни ишга туширганда ишга тушириш токини камайтириш учун уйғотиш токи энг катта бўлиши мумкин. Двигателни ишга тушириш учун унда ҳосил қилинадиган ишга тушириш моменти валдаги тормозловчи моментдан катта бўлиши керак. ($M_{и.т.} > M_t$). $M_{т.и.} = K\Phi I_{и.т.}$ бўлганидан ишга тушириш токини камайтириш учун магнитавий оқимни орттириш зарур бўлади.

7.11. ЎЗГАРМАС ТОК ДВИГАТЕЛИНИНГ ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИ

Иш характеристикаси. Двигателларнинг иш хусусиятлари уларнинг иш характеристикалари орқали аниқланади. Бу характеристикалар $U = \text{const}$ ва $I_y = \text{const}$ бўлганида айланишлар сони n , айлантирувчи момент M_0 , истеъмол қилинадиган ток I , қувват P_1 ва ФИК η нинг валдаги фойдали қувват P_2 га боғлиқлигини ифодалайди. Бу боғланишлар двигатель ишининг табиий иш шароитига ва тармоқдаги кучланиш ўзгармайдиган шароитга боғлиқдир. Фойдали қувват P_2 ўзгарганда двигатель юқоридаги ток ҳам ўзгарганидан иш характеристикалари, кўпинча, якордаги токка боғлиқ ҳолда қурилади.

Ўзгармас ток двигателенинг иш характеристикаси $U = U_n = \text{const}$ ва $I_y = \text{const}$ бўлганда қуйидаги функция кўринишда бўлади:

$$n = f_1(I_y); \quad M = f_2(I_y); \quad \eta = f_3(I_y).$$

Параллел уйғотишли двигателлар учун айлантирувчи момент ва айланиш частотасининг якордаги токка боғлиқлиги 156-расмда берилган.

Двигателнинг айланишлари сонини ЭЮК формуласидан фойдаланиб топиш мумкин:

$$E = C_o n \Phi,$$

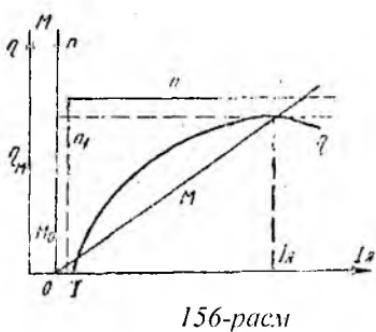
бундан

$$n = \frac{E}{C_o \Phi},$$

бунга ЭЮК нинг $E = U - I_o \sum R$ қийматини қўйиб ёзсан:

$$n = \frac{U - I_o \sum R}{C_o \Phi}. \quad (7.13)$$

(7.13) ифодадан кўринадики, двигатель валидаги юклама ортса, якордаги ток ҳам ортади. Бу эса якорь чулғами қаршилиги R_i ва чўткали контактлардаги кучланиш пасайишини оширади.

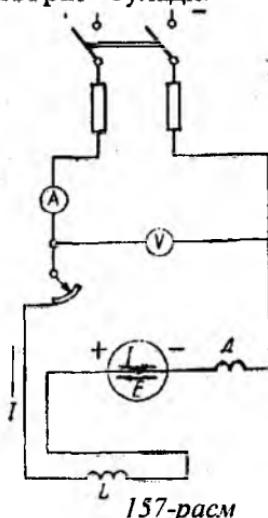


156-расм

Двигателнинг айлантирувчи моменти

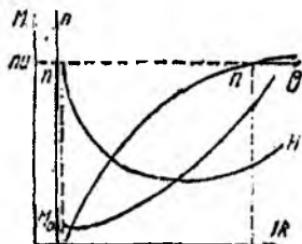
$$M_a = K\Phi I_a \quad (7.14)$$

бўлганида, магнитавий оқим ўзгармаганда айлантирувчи моментнинг якордаги токка боғланиши тўғри чизиқдан иборат бўлади.



157-расм

Кетма-кет уйғотишили двигателни ишга тушириш схемаси 157-расмда, двигателнинг характеристикаси эса 158-расмда кўрсатилган.



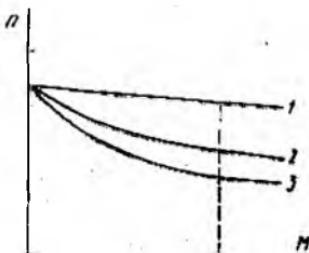
158-расм

Кетма-кет уйғотишили двигателнинг айланышлар сони қўйидаги формуладан аниқланади:

$$n = \frac{U - I_a(R_n + R_n)}{C\Phi} \quad (7.15)$$

Бунда магнитавий оқим

боғланишга эга бўлади.



159-расм

$$\Phi = f(I_k) = f(I_a)$$

Демак, юклама ошган сари магнитавий оқим кўпаяди, якорь тезлиги пасаяди. Бу боғланиш тўйинмаган магнит системасида параллель уйғотишили двигателдагидек гипербола шаклида бўлади. Юклама кўп бўлганда тўйиниш туфайли магнит системаси, ток ўзгарганда магнитавий оқим, бинобарин, тезлик ҳам озгина ўзгаради (158-расм).

Кетма-кет уйғотишили двигателларнинг айлантирувчи моментини якордаги ток ва магнитавий оқим орасидаги пропорционал боғланишга асосланиб қўйидагича ёзиш мумкин:

$$M = K\Phi I_a \quad (7.16)$$

Механикавий характеристика. Двигателнинг механикавий характеристикиаси – двигателнинг айланишлар сонининг айлантирувчи моментига боғлиқлигини ифодалайди (159-расм), яъни

$$n = f(M)$$

Аralаш уйғотишли двигателларнинг тезлик характеристикиаси параллел ва кетма-кет уйғотишли двигателлар тезлик характеристикасига нисбатан оралиқ ҳолатини эгалладайди (159-расм, З эгри чизик).

Якордаги токнинг ошиши билан якорнинг айланишлар сони параллел уйғотишли двигателлардагидан тезроқ камаяди. Бу камайиш кетма-кет уйғотишли чулгам токининг ошиши натижасида, магнитавий оқимнинг ошиши ҳисобига юз беради. Двигатель салт ишлаганда аралаш уйғотишли двигатель бузилмайди, чунки параллел уйғотишли чулгами борлигидан магнитавий оқим нолгача камаймайди.

Юклама ортганда аралаш уйғотишли двигателларда магнитавий оқим ортади, шунингдек, айлантирувчи момент ҳам параллел уйғотишли двигателлардагидан тез, кетма-кет уйғотишли двигателлардагидан секин ортади.

7.12. ЎЗГАРМАС ТОК ДВИГАТЕЛЛАРИДАГИ ИСРОФЛАР ВА ДВИГАТЕЛИНИНГ ФОЙДАЛИ ИШ КОЭФФИЦИЕНТИ

Ўзгармас ток двигатели ишлаётганда знергия исрофи қуийдагича бўлади:

1. Якорь ўзагида вужудга келадиган уюрма токлар ва гистерезис ҳодисаси сабабидан пўлатдан бўладиган исроф – P_n .

Двигатель якори айланаётганда унинг ўзагидаги пўлат узлуксиз равишда қайта-қайта магнитлаб туради. Пўлатнинг бундай қайта-қайта магнитланишига гистерезис учун кетган исроф деб аталадиган қувват сарфланади. Магнитавий майдонда якорь айланаётганда унинг ўзагида уюрма токлар индукцияланади. Гистерезис ва уюрма токлар учун кетган исроф якорь ўзагини қиздирувчи иссиқликка айланади.

Пўлатдаги исроф якорь ўзагидаги магнитавий индукция ва ўзакнинг қайта-қайта магнитлаш частотасига боғлиқ бўлади. Ўзгармас ток машинаси генератор ёки двигатель сифатида

ишаётганда, якорь қисқичларидаги кучланиш ва унинг айланиш частотаси ўзгармас бўлса, пўлатдаги исроф ҳам ўзгармай қолади ва юкламага боғлиқ бўлмайди.

2. Уйғотиш чулғами ва якорь чулғами симларини қиздиришга кетган исроф мисдаги исроф $P_{чул}$ дейилади.

Якорь чулғами ва чўтка контактларидағи исроф якордаги токка боғлиқ бўлиб, ўзгарувчан катталиқдир, яъни юклама ўзгарганда бу исроф ҳам ўзгаради.

3. Энергиянинг айланувчи симлар билан ҳаво орасидаги ва чўткалар билан коллектор орасидаги ишқаланишга сарф бўлган қисми механикавий исроф ($P_{мех}$) деб юритилади.

Механикавий исроф двигатель якорининг айланиш тезлигига боғлиқ. Шунинг учун механикавий исроф двигатель якорининг юкламага боғлиқ бўлмаган ўзгармас катталиқдир.

Двигателнинг ф.и.к

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%$$

бу ерда P_2 – фойдали қувват; P_1 – двигатель истеъмол қилаётган қувват.

Двигатель генератор бўлиб ишаётганда, унинг фойдали қуввати:

$$P_2 = IU,$$

бу ерда U – генератор қисқичларидаги кучланиш; I – юкламадаги ток кучи

Истеъмол қилинаётган тўла қувват:

$$P_1 = P_ч + P_n + P_{чул} + P_{мех} = IU + P_n + P_{чул} + P_{мех}$$

Ф.и.к қўйидагича ёзилади:

$$\eta = \frac{P_2}{UI + P_n + P_{чул} + P_{мех}} \cdot 100\%.$$

Двигатель ишаётганда истеъмол қилаётган қувват:

$$P_1 = IU,$$

бу ерда U – тармоқнинг кучланиши; I – двигатель олаётган ток;
Двигателнинг фойдали қуввати

$$P_2 = P_1 - P_n - P_{\text{чул}} - P_{\text{мех}} = IU - P_n - P_{\text{чул}} - P_{\text{мех}}$$

ф.и.к эса

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%$$

бўлади.

Такрорлаш учун саволлар

1. Ўзгармас ток машинаси ўзгарувчан ток машинасидан нимаси билан фарқ қиласди?
2. Якорь чулғамидаги ЭЮК қандай қатталикларга боғлиқ?
3. Ўзгармас ток машинасидаги якорь реакцияси ва ток коммутацияси машинага қандай таъсир кўрсатади?
4. Қўзғатиш усулига қараб ўзгармас ток генераторларининг турларини кўрсатинг?
5. Ўзгармас ток двигателларининг тезлигини ростлашнинг қандай усуллари бор?
6. Ўзгармас ток машинаси якорнинг чулғамида бир неча тармоқ бўлади ва уларнинг ҳар бирида э.ю.к. вужудга келади. Нима учун якорь чулғамининг э.ю.к. битта тармоқнинг э.ю.к га teng?
7. Нима учун синхрон машинадан фарқли равишда ўзгармас ток машинаси якорнинг чулғами роторда, магнит қутблари эса статорда жойлаштирилади?
8. Агар якорь чулғами секциясининг эни қўш қутб бўлмасига teng (одими $u_1 = z/p$) ва агар $u_1 = 1$ бўлса, секциянинг э.ю.к. қиймати қанчага teng бўлади?
9. Параллел уйғотишли генераторни синааб кўришга ҳаракат қилганда у уйғотмаётганлиги маълум бўлди. Генераторнинг уйғотмаслигига нималар сабаб бўлиши мумкин?
10. Параллел уйғотишли двигателни ишга туширишдан олдин нима учун уйғотиш занжиридаги ростлаш реостати қаршилиги нолга teng бўладиган ҳолатга ўрнатилади?

VIII БОБ. ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯ ҲОСИЛ ҚИЛИШ, УЗАТИШ ВА ТАҚСИМЛАШ

8.1. АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР

Электр энергияси ҳосил қилишга мүлжалланган корхона ёки жиҳозлар электр станцияси деб аталади.

Энергияни бир турдан бошқа турға ўзгартиришдаги асосий технологик жараённинг хусусиятлари ва фойдаланиладиган энергетик ресурснинг турига қараб электр станциялари иссиқлик (ТЭС), атом (АЭС), гидроэлектростанция (ГЭС), гидроаккумуляцияловчи (ГАЭС), газ турбинали ва бошқа станцияларга бўлинади.

Электр энергиясини ўзгартириш ҳамда тақсимлашга мүлжалланган электр подстанциялари – электроустановкалар муҳим рол ўйнайди.

Мустақил мамлакатимиз ва бошқа бир қанча мамлакатларда электр энергияси ҳосил қилиш ва уни узатиш учун 50 Гц частотали уч фазали ўзгарувчан ток қабул қилинган (АҚШ ва бошқа бир қанча мамлакатларда 60 Гц частота қабул қилинган). Уч фазали тоқдан фойдаланиш сабаби шундаки, икки фазали ўзгарувчан ток установкаларига қарагандা уч фазали ток тармоқлари ва қурилмалари жуда тежамли бўлади, шунингдек, энг ишончли, оддий ва арzon асинхрон электр двигателларидан электр юритма сифатида кенг фойдаланиш имконияти бўлади.

Саноатнинг баъзи тармоқларида уч фазали ток билан бир қаторда ўзгарувчан токни тўғрилаш ёрдамида олинадиган ўзгармас тоқдан ҳам фойдаланилади (химия саноати ва рангдор металлургиядаги электролиз процесси, электрлаштирилган транспорт ва бошқалар). Ҳозирги вақтда ўзгрмас тоқдан электр энергиясини узоқ масофаларга 800 кв гача кучланиш билан узатища ҳам фойдаланилмоқда.

Электроустановкаларнинг асосий параметларидан бири номинал кучланиш ҳисобланади. Генератор, трансформатор, электр энергияси тармоқлари ва истеъмолчилари (электр двигателлари, лампалар ва бошқалар)нинг нормал ишлаши учун мўлжалланган кучланиш номинал кучланиш деб аталади.

Электроустановкаларнинг қурилиш қоидалари ҳамма электроустановкаларни икки категорияга бўлади: кучланиши 1000 В гача ва 1000 В дан юқори бўлган электроустановкалар. Бу бўлиниш аппаратларнинг типи ва конструкцияларининг бир-бирига нисбатан фарқ қилишидан, шунингдек, турли кучланишга мўлжалланган электроустановкаларни қуриш ва ишлатишда қўйиладиган талабларнинг турлича бўлишидан келиб чиқади.

Мамлакатимиэда ишлаб чиқарилган электр энергияси узатиш ишини бошқариш қўйидагилардан иборат:

— диспетчерлик усулида бошқаришнинг ягона системаси ташкил этилган;

— халқ хўжалигининг электр ва иссиқлик энергиясига бўлган эҳтиёжини тўла қондириш мақсадида энергосистемаларнинг иш режимини оператив режалаштириш ва ростлаш;

— истеъмолчиларни узлуксиз таъминланишини ва энергосистемаларнинг ишончли ишлашини таъминлаш;

— авария режимларининг олдини олиш ва уларни бартараф қилиш;

— энергияни талаб этилган сифатини (кучланиш, частота, иссиқлик тармоқларидаги буғ ва сув параметрларини) таъминлаш;

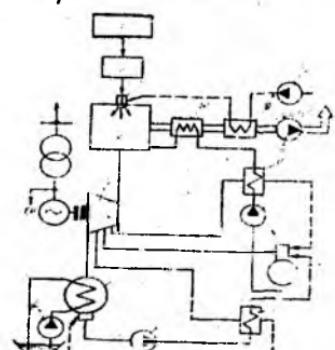
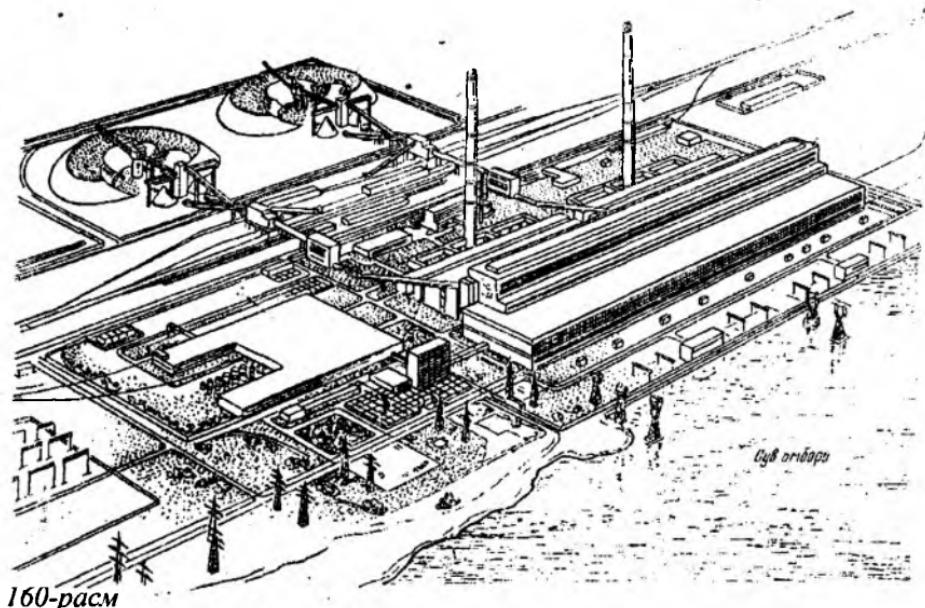
— энергосистеманинг умуман максимал тежамкорлиқда ишлашини ва энергоресурсларнинг рационал сарфланишини таъминлаш;

Диспетчерлик пунктлари энг янги бошқариш воситалари: диспетчерлик щитлари, телебошқариш қурилмалари, телесигнализация, төлеўлчаш, ҳисоблаш техникаси воситалари, автоматикалар билан жиҳозланган.

8.2. КОНДЕНСАЦИОН ИССИҚЛИК ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРИ

Иссиқлик электр станцияларида ёндирилаётган ёқилғининг химиявий энергияси буғ генератори (қозон)да турбоагрегат (генератор билан бириттирилган буғ турбинаси)ни айлантирувчи сув буғи энергиясига айланади. Айланишнинг механик энергияси генераторда электр энергиясига ўзгаради. Электр станциялари учун ёқилғи сифатида кўмир, торф, ёнувчи сланецлар, шунингдек, газ ва мазутдан фойдаланилади.

КЕСнинг асосий хусусиятлари қуйидагилар: улар электр энергиясининг бевосита истеъмолчиларидан анча узоқда жойлашган бўлади, шу сабабдан асосан юқори ва ўта юқори кучланишдаги қувват бериш ва станцияни блок принципида қуриш имкониятини беради. Замонавий КЭСнинг қуввати шундайки, уларнинг ҳар бири мамлакатнинг йирик бир ҳудудини электр энергияси билан таъминлайди. Бу типдаги электр станцияларни давлат район электр станцияси – ГРЭС деб аталиши сабабларидан бири ҳам шундандир.



161-расм

160-расмда замонавий КЭСнинг умумий кўриниши, 161-расмда эса КЭС блокининг содалаштирилган технологик схемаси кўрсатилган.

Блок гўё асосий ва ёрдамчи асбоб-ускуналарга ҳамда бошқариш маркази – блокли шчитга эга бўлган алоҳида электр станцияни ташкил этади. Одатда, технологик линия бўйича кўшни блоклар ўртасида боғланиш кўзда тутилмайди. Станцияни блок

принципида қуриш қуйидаги келтирилган маълум техник иқтисодий афзалликларни беради:

буғ қувурлари системаси энг содда бўлиши туфайли юқори ва ўта юқори параметрли буғдан фойдаланиш осонлашади, бу эса катта қувватли, агрегатларни ўзлаштиришда айниқса жуда муҳимдир;

станциянинг технологик системаси соддалашади ва анча аниқ бўлиб қолади, бунинг натижасида ишлашининг ишончлилиги ортади ва ишлатиш осонлашади;

резерв ёрдамчи иссиқлик – механик асбоб-ускуналар сони камаяди, айрим ҳолларда эса буткул бўлмаслиги ҳам мумкин;

қурилиш ва монтаж қилиш ишлари ҳажми қисқаради;

электр станциялари қуришга кетадиган капитал харажатлар камаяди;

электр станцияларни блоклар билан қулай ҳолда кенгайтириш таъминланади, бунда янги блоклар заруриятига қараб олдингиларига қараганда ўз параметрлари билан

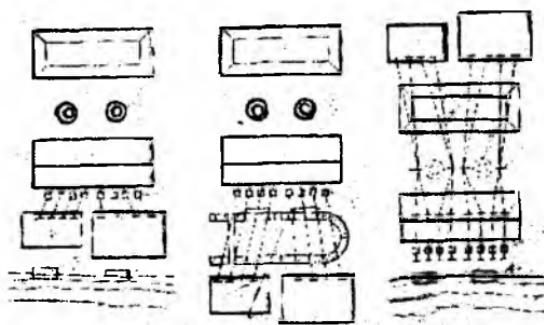
фарқланиши ҳам мумкин.

КЭСнинг схемаси бир нечта системадан: ёқилғи узатиш, ёқилғи тайёрлаш, буғ генератори ва турбина билан биргаликда асосий буғсув контури, циркуляцион сув билан таъминлаш, сув тайёрлаш, кўл тутиш ва уни чиқариб ташлаш тизимларидан ва ниҳоят электр қисмларида ташкил топган (162-расм).

Бу элементларнинг ҳаммасининг нормал ишлашини таъминловчи механизм ва установкалар станциянинг ўз эҳтиёжлари системаси таркибига киради.

КЭСдаги энг катта энергетик исрофлар асосий буғ-сув контурида, хусусан, конденсаторда ҳосил бўлади.

У ерда қозонда буғ ҳосил қилиш учун сарфланган иссиқликнинг анча қисмини ўзида сақлаган ишлаб бўлган буғ уни циркуляцион сувга беради. Иссиқлик циркуляцион сув билан сув ҳавzasига ўтиб кетади, яъни исроф бўлади. Бу исрофлар асосан



162-расм

электр станциясининг ФИК ни аниқлаб, ҳатто энг замонавий КЭСда ҳам кўпи билан 40%-42% ни ташкил этади.

Электр станцияси ҳосил қилаётган электр энергияси энергосистемага 110-750 кВ кучланишда узатилади ва жуда кам қисмигина станциянинг ўз эҳтиёжи учун шу станциянинг ўзига хизмат қиласидан трансформатор орқали олинади, у генераторнинг чиқишига уланган бўлади.

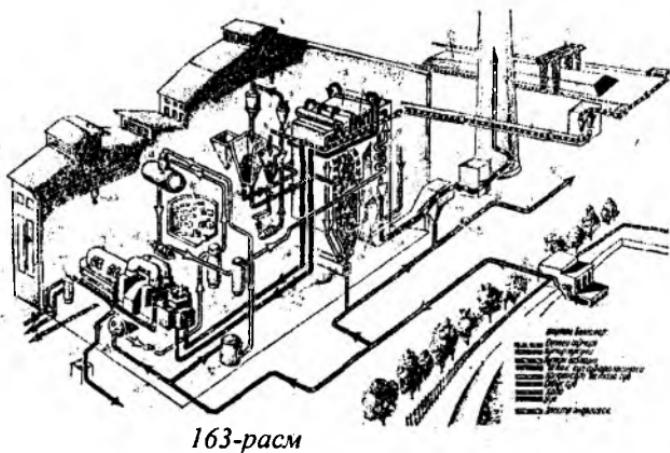
Ҳозирги КЭСлар асосан 200-800 МВт қувватли блоклар билан жиҳозланади. Йирик агрегатлардан фойдаланиш станция қувватини тез ўстириш, электр энергиянинг маъқул келадиган таниархига эришиш, шунингдек, ўрнатилган қувват киловаттининг қийматини 100-150 сўм/кВт га пасайтириш имкониятини беради.

8.3. ИССИҚЛИК ЭЛЕКТР МАРКАЗЛАРИ

Бу турдаги электр станциялари саноат корхоналари ва шаҳарларни иссиқлик ҳамда электр энергияси билан марказлашган усуlda таъминлаш учун мўлжалланган. Улар ҳам КЭСлар каби иссиқлик станциялари бўлиб, турбиналарда «ишлатиб бўлинган» буғнинг иссиқлигидан саноат ишлаб чиқариш эҳтиёжи, шунингдек, исситиш, ҳавони кондиционерлаш ва

иссиқлик сув билан таъминлаш ўчун фойдаланилиши билан КЭСлардан фарқ қиласиди.

Энергиянинг маълум тuri электр энергияга айлантирилишига кўра электр станциялар уч групуга: иссиқлик, гидро-



электростанциялари ва атом-электр станцияларига бўлинади.

Иссиқлик электр станцияларида ёқилгининг ёниш иссиқлии электр энергияга айлантирилади. Бу станциялар ўз

навбатида, буғ турбинали ва ички ёнув двигателли станцияларга бўлинади. Буғ турбинали станциялар кенг тарқалган.

Иссиқлик – буғ электр станцияларида (163-расм) ёқилгининг химиявий энергияси буғ қозонларида бүғнинг кинетик энергиясига айланади, сўнгра бу энергия турбина билан умумий валга ўрнатилган генераторда электр энергияга айланаб, станциянинг тақсимот қурилмаси шиналарига берилади. Турбинада ўз ишини бажариб бўлган буғ оқар сув билан совитиладиган конденсаторга келади ва исиган конденсат иссиқ сув тарзида қозонга қайтади. Иссиқлик электр станция (ИЭМ)ларда электр энергиядан ташқари, буғ иссиқ сув тарзида иссиқлик ишлаб чиқарилади. Бу ҳолда турбинада ўз ишини бажариб бўлган буғдан иситиш тармоқларида ёки саноат корхоналарида технологик жараёнларда фойдаланилади. Шунинг учун ИЭМларнинг энергетик фойдали иш коэффициенти конденсацион электр станциялариникидан ҳамма вақт юқори бўлади. Маълумки, конденсацион электр станцияларида иссиқлик энергиясининг бир қисми конденсаторларда совитувчи оқар сувга берилади ва ѡч қанча фойда бермайди.

Ички ёнув двигателли иссиқлик электр станцияларида ёқилгининг двигатель цилинтрида ёниш жараёнида унинг химиявий энергияси бевосита механик энергияга ва шундан сўнг генераторда электр энергияга айланади.

Одатда органик ёқилги ва ядро ёқилғисида ишлайдиган асосан, кучли ИЭМлар, иссиқлик билан таъминлайдиган атом станциялари ва катта-катта қозонхоналар қуриш ҳисобига иссиқлик билан таъминлашни янада марказлаштиради.

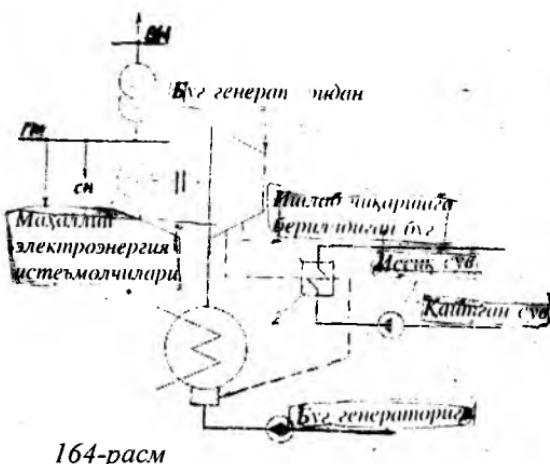
Иссиқлик электр станцияси иссиқлик двигателлари, буғ қозонлари, буғ турбиналари, ички ёнув қурилмаларидан иборат бўлади. Шароитга қараб, иссиқлик электр станциясида газ, кўмир, мазут, торф ёқилади. Иссиқлик электр станцияси иккига бўлинади: конденсацион электр станциясига (фақат электр энергияси ҳосил қиласди) ва иссиқлик электр маркази (ИЭМ) га (унда электр энергия ҳосил қилинади, иссиқ буғ ва иссиқ сув ишлаб чиқарилади). Иссиқлик электр станцияси ягона электр системаларига бирлаштирилиши ёки алоҳида ишлатилиши мумкин.

Мустақил республикамиизда Тошкент, Фарғона, Қувасой, Ангрен, Тахиатош ва бошқа шаҳар ҳамда вилоятларида бир неча иссиқлик электр станциялари ишлаб турибди, янги станциялар

қурилмоқда. Тошкент ГРЭСнинг қуввати 1920 минг кВт, Сирдарё ГРЭСининг қуввати 4 млн. 400 минг кВт. Ҳозирги вақтда қозон агрегатларида ёқилғининг ёниш жараёнларини қозоннинг сув билан таъминланишини бошқариш, ток кучланиши ва частотасини ростлаш тұла автоматлаштирилған.

Эндиликда иссиқлик электр станцияларда кучли энергоблок системаси (200, 300, 500 ва 800 минг кВт) құлманилмоқда. Ундағи бүгнинг босими 240-250 атм., температураси эса 550-560 °C.

164-расмда ИЭМнинг технологик схемаси күрсатылған.



164-расм

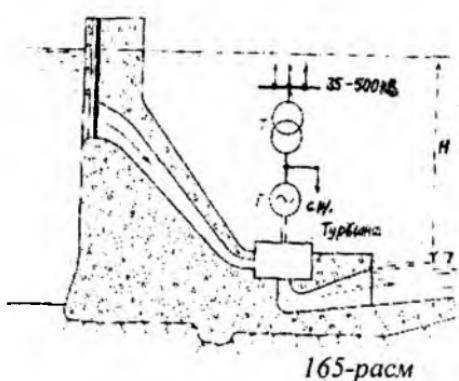
8.4. ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЯЛАР

Гидроэлектростанция (ГЭС)ларда генераторларнинг роторини айлантириш үчүн тұғон воситасида күтарилған сувнинг энергиясидан фойдаланылады. Буларда электр генераторларнинг роторини гидравлик тұрғынналар айлантирады. ГЭС ларнинг қуввати тұғон воситасида ҳосил қилинган сув сатұларининг айримасига (босимига) ва бир ғасанды турбина орқали үтадиган массасига (сув сарфига) бағыл.

ГЭСда энергиянинг бир турдан иккінчи турға айланыш схемаси 165-расмда күрсатылған.

Гидростанцияларнинг асосий агрегатлари гидротурбина ва гидрогенератордир. (166-расм).

ГЭСда электр энергияси ҳосил қилиш үчүн сув оқими (дарё, шаршара ва хоказ) ларнинг энергиясидан фойдаланылады.



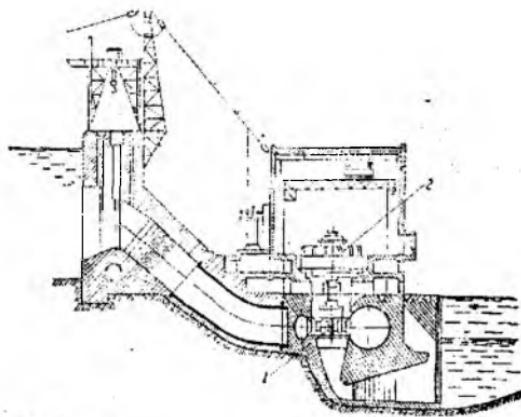
165-расм

Ҳозир ҳамма электр энергиясининг 15% га яқини ГЭС да ҳосил қилинади. Бу турдаги станцияларнинг интенсив қурилмаслигига сабаб катта капитал маблағ талаб этилади.

Ҳозир сув ресурсларидан асосан катта қувватли гидроэлектростанцияларни қуришда фойдаланилмоқда.

ГЭСнинг бирламчи двигателлари синхрон генераторларни айлантирувчи гидротурбиналардан иборат. Гидроагрегат ҳосил қиласидиган қувват сув босими H ва сув сарфи Q га пропорционал бўлади, яъни

$$P = HQ$$



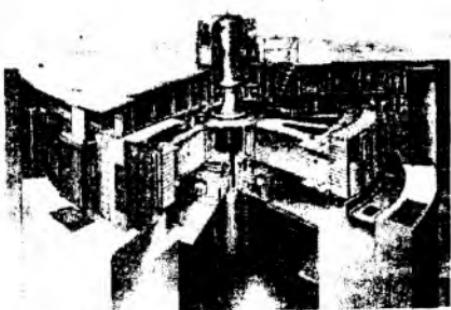
167-расм

бъеф сатҳи орасидаги айрма босим H ни аниқлайди.

Юқориги бъеф сув омборини ҳосил қилиб, у ерда электр энергия ҳосил қилиш учун кераклигича олиб туриладиган сув йифилади.

Текисликда оқадиган дарёдаги гидроузель таркибига: тўғон, электр станция биноси, сув ташлагич, кема ўтказувчи (шлюзлар), балиқ ўтказувчи иншоотлар ва бошқалар киради.

Тоғ дарёларида қуриладиган ГЭСларда дарёнинг катта табиий нишаблигидан фойдаланилади. Бироқ бундай ҳолларда,



166-расм

Шундай қилиб, ГЭСнинг қуввати сув сарфи ва босими билан аниқланади.

Гидроэлектростанцияларда одатда сув босими тўғон ёрдамида ҳосил қилинади (167-расм). Тўғон олдидағи сув сатҳи юқориги бъеф, тўғондан пасти эса пастки бъеф деб юритилади. Юқориги бъеф сатҳи билан пастки

одатда, деривацион (сув йўналишини ўзгартирувчи) иншоотлар системаси барпо этишга тўғри келади. Буларга сувни дарёнинг табиий ўзанидан бошқа томонга бурувчи қуийдаги иншоотлар: деревацион канал, туннель, қувурлар киради.

ГЭС электр қисми бўйича конденсацион электр станцияларга кўпроқ ўхшайди. КЭС сингари гидроэлектрстанциялар ҳам, одатда, истеъмол марказларидан узоқда жойлашади, чунки уларнинг қурилиш жойи, асосан, табият шароитларига боғлиқ. Шунинг учун ГЭС ҳосил қиласидан электр энергияси юқори ва ўта юқори кучланиш (110-500 кВ) да узатилади. ГЭСнинг ўзига хос хусусияти унинг ўз эҳтиёжи учун иссиқлик станциясига нисбатан бир неча марта кам электр энергия сарфлашдир. Бунга сабаб ГЭС нинг ўз эҳтиёжи системасида йирик механизмларнинг йўқлигидир.

ГЭСлар қуришда энергетика масаласи билан бир қаторда ҳалқ хўжалигининг муҳим масалалари: ерларни сугориш, кема қатновини ривожлантириш, йирик шаҳар ва саноат корхоналарини сув билан таъминлаш ва ҳоказо масалалар ҳал этилади.

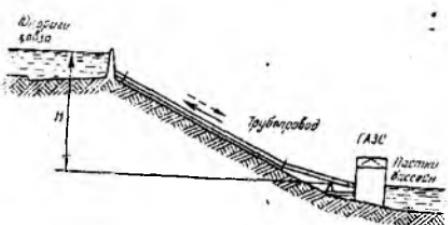
ГЭСда электр энергиясини ҳосил қилиш технологияси жуда оддий бўлганлиги учун уни осонгина автоматлаштириш мумкин. ГЭС агрегатини ишга тушириш учун кўпи билан 50 сек. вақт сарфланади, шунинг учун энергосистемадаги резерв қувватни фақатгина шу агрегатлар орқали таъминлаш ақсадга мувофиқ бўлади.

ГЭСнинг фойдали иш коэффициенти, одатда, 85-90% га яқин бўлади.

Эксплуатация харажатлари кам бўлганлиги учун ГЭС электр энергиясининг таннархи, одатда, иссиқлик электр станциялариникига қараганда бир неча марта кам бўлади.

Ҳозирги энергосистемада гидроаккумуляцион станциялар (ГАЭС) муҳим роль ўйнайди.

Бундай станциялар камида иккита ҳовузга: баландлиги бўйича турли сатҳларда жойлашган юқори ва пастки ҳовузларга эга бўлади (168-расм). ГАЭС биносида қайтар режимда ишлайдиган гидроагрегатлар ўрнатилади.



168-расм

Энергосистемада юкламаси минимум бўлган соатларда ГАЭС генераторлари двигатель режимига, турбогенераторлар эса насос режимига ўтказилади. Бундай гидроагрегатлар тармоқдан қувват олиб, сувни қувурлар орқали пастки ҳовуздан юқориги ҳовузга қайдайди. Энергосистемада юклама максимал бўлиб, генератор қуввати етишмаган даврда ГАЭС электр энергияси ҳосил қиласди. Юқориги ҳовуздан сув олган турбина генераторни айлантиради ва у тармоқса қувват беради.

Шундай қилиб, ГАЭСдан фойдаланиш энергосистема юкламасини бир меъёрга келтиришга ёрдам беради, натижада иссиқлик ва атом электр станцияларининг ишини тежамкорлиги ошади.

8.5. АТОМ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРИ

Атом электр станциясининг реакторида атомнинг парчаланиш реакцияси содир бўлади. Бу реакцияда ҳосил бўлган жуда катта иссиқлик биринчи контурдаги сувга берилади, бу контурда бир неча атмосфера босим остида сувнинг температураси 300°C гача кўтарилали. Иссиқлик алмаштиргичда бу иссиқликдан иккинчи контурдаги сувни бугга айлантириш учун фойдаланилади.

Буғ турбинасида буғнинг энергияси механик энергияга, механик энергия эса генераторда электр энергияга айланади.

1954 йилда дунёда биринчи бўлиб Дубна шаҳрида бўлган атом электр станцияси ишга туширилди.

Атом электр станцияларида атом реакторларининг тўрттипи қўлланилади:

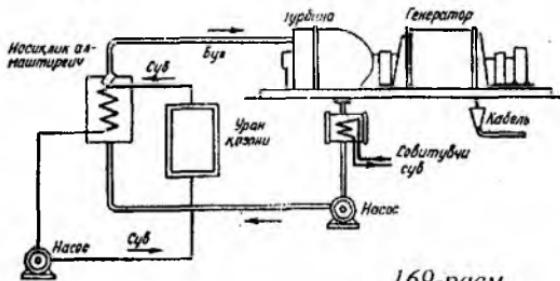
1) сув-сувли (бунда сусайтирилган модда ўрнида оддий сув ишлатилади);

2) графит-сувли (сув иссиқлик элтувчи, графит эса сусайтирувчи);

3) оғир сувли (оддий сув иссиқлик элтувчи, оғир сув эса сусайтирувчи);

4) графит-газли (газ иссиқлик элтувчи, графит эса сусайтирувчи).

Атом электр станцияларида асосан,

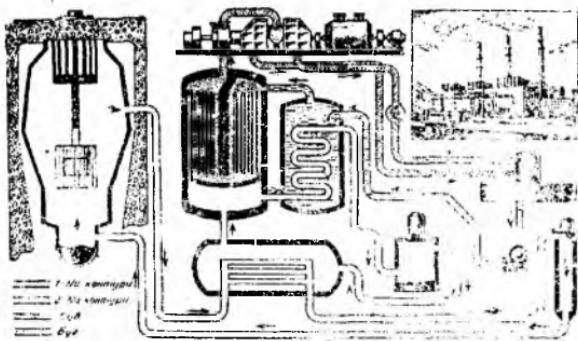


169-расм

сув - сувли ва графит - сувли реакторлар қурилган.

Ҳозирги вақтда 440, 1000, 1500 мВт қувватли реакторлар қурилмоқда.

Атом электр станциясининг тузилиши 169-170-расмларда күрсатилган.

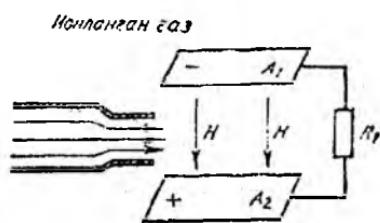


170-расм

8.6 МАГНИТОГИДРОДИНАМИК ГЕНЕРАТОР

Магнитогидродинамик генератор энергетик қурилма бўлиб, унда электр токи ҳосил қилиш жараёни электромагнит индукция ҳодисасига, яъни магнитавий майдон куч чизиқларини кесиб ўтувчи ўтказгичда ток ҳосил бўлишига асосланади. Генератордаги иш жисми ўтказгич, электролит, суюқ металлар ёки плазма (ионлашган газ) бўлиши мумкин.

Магнитогидродинамик генератор магнитавий майдонда ҳаракатланадиган иш жисми: суюқ - ёки газсимон электр ўтказувчи муҳитнинг энергиясини бевосита электр энергиясига айлантиради. Электр ўтказувчи муҳитнинг ҳаракати магнитогидродинамик қонунлари билан ифодаланганлиги учун бундай энергетик қурилма магнитогидродинамик генератор деб аталади. Бундай генератор бошқа энергетика қурилмалари, масалан, турли генераторлардан энергияни бевосита электр энергияяга ўзgartириб бериши билан фарқ қиласди.



171-расм

Ионлашган газ (плазманинг) оқими магнитавий майдон куч чизиқларини кесиб ўтади (171-расм).

Магнитавий майдон куч чизиқларини плазма оқими кесиб ўтганда плазма оқимида электромагнит индукция кучи ҳосил

бұлади. Индукцияланған электр майдон кучланғанлыгыннің катталиғи қуидагига тенг:

$$E = \frac{1}{C} \mathcal{H}$$

бу ерда \mathcal{H} - плазма оқимининг тезлиги. Бу тезлик үтә юқори товуш таъсирида үзгариши мүмкін. Индукцияланған электр майдоннинг таъсирида плазмада электр токи ҳосил бұлади. Бу токнинг йұналиши \mathcal{H} ва H га перпендикулярдир. Бу ток ташқи юклама R_1 ва үнга бирлаштирилған A_1 ва A_2 электродлардан үтади.

Плазма оқими кинетик энергиясининг камайиши ҳисобига ташқи юкламада электр энергия ҳосил бұлади.

Ташқи занжир қаршилигини R_1 ва $A_1 A_2$ электродлар орасидаги ички қаршиликті R_2 деб белгілайлік. Бу ҳолда магнитогидродинамик генератордаги токни Ом қонуни бүйича қуидагича ифодаланади.

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2}$$

Агар ҳамма катталикларни СИ системасыда белгиласақ, күчланиш қуидагига тенг бұлади.

$$U = \mathcal{H}d,$$

бу ерда d – вертикал бүйича плазма оқимининг баландлығы; \mathcal{H} – оқимининг үртача тезлиги;

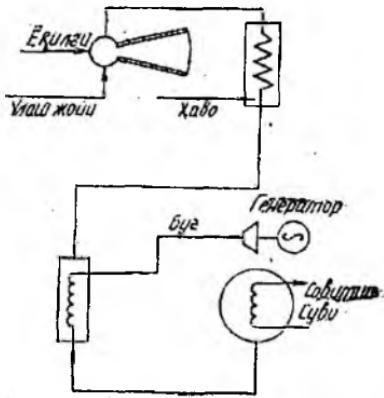
Ташқи занжир истеъмол қыладыған қувват қуидагича бұлади:

$$W = I^2 R_1 = \frac{U^2 R_1}{(R_1 + R_2)^2}$$

Генераторнинг ички қаршилиги плазманинг үтказувчанлиғы ва системанинг үлчамига боғлиқ, яғни

$$R_2 = \frac{1}{\eta} \cdot \frac{d}{bl}$$

Бу ифодада ϱ – плазма оқимининг қалинлиғи, l – электроднинг узунлиғи.



172-расм

радаги электр ўтказувчанлик

да электр энергиянинг генерацияланиши деярли ўзгармас температурадаги электр ўтказувчи суюқлик оқимининг кинетик ёки потенциал энергиясининг ўзгариши ҳисобига бўлади.

Агар МГДГ иш жисми плазма

булса, 2000–3000 К температу-

радаги қуйидагича бўлади:

$$\eta = \frac{T^2}{\sqrt{P}}$$

бу ерда Р – газ босими.

Магнитогидродинамик генераторлардан асосий афзаллиги шундаки, унда иссиқлик энергиясини бевосита электр энергияга ўзгартирадиган ҳаракатланувчи қисмлар бўлмайди. Бу эса иш жисми бошланғич температурасини қескин ўзгартрииш имконини беради ва шу туфайли электр станциянинг фойдали иш коэффициенти ортади.

Агар МГДГ дан кейин оддий турбоагрегат қўйилса, унда бундай энергетик қурилманинг умумий максимал фойдали иш коэффициенти 60% дан ортиқ бўлади.

Магнитогидродинамик генераторлардан катта қувватли (500–1000МВт) электр энергия олинибгина қолмай, уни шундай қувватли бошқа энергетик қурилма билан ҳам қўшиб ишлатиш мумкин.

8.7. ҚУЁШ ЭНЕРГИЯСИДАН ФОЙДАЛАНИШ

Ҳозирги замон муаммоларидан бири қуёш энергиясидан максимал фойдаланиш масаласидир.

Қуёш энергиясидан фойдаланишинг кўп усуллари мавжуд бўлиб, улардан бири – қуёш нури энергиясини электр энергияга айлантиришdir.

Қуёш нури энергиясини электр энергияга айлантиришнинг асосан уча: термоэлектрик, термоэлектрон ва фотоэлектрик тури мавжуд.

1. Термоэлектрик генераторлар (ТЭГ) иссиқлик энергиясини бевосита беради. Унинг ишлаш принципи бир жинсли бўлмаган икки хил металлинг бир-бираига пайвандлаш нуқталарини ҳар хил температурада сақлаш вақтида уларда электр токи ҳосил бўлиш ҳодисасига асосланган.

Термоэлектрик генераторларнинг фойдали иш коэффициенти қуёш нурини қайтарувчи кўзгуларнинг геометрик ўлчамига ва унинг қайтарувчанилигига боғлиқ. Шунингдек, ТЭГнинг ф.и.к. температуралар айримасига ҳам боғлиқ, яъни $T_1 - T_2 > 0$ бўлиши керак.

Агар термоэлементнинг совуқ нуқтасидаги температура $T_2 = 300$ К бўлса, унинг иссиқ нуқтасидаги температуранинг ўзгаришига қараб, фойдали иш коэффициенти $\dot{q} = f(T_1)$ бўлади.

Термоэлектрик генераторларда қўлланиладиган материал (модда)нинг электр хоссаси температура ўзгариши билан тез ўзгари. Ҳозиргача ТЭГлар учун қайси материаллар яхшилигини кўрсатадиган назария яратилмаган. Материални танлаш фақат тажрибалар асосида аниқланади.

Кейинги йилларда силицилар, карбиidlар, беридлар устида экспериментлар олиб борилмоқда. Бундай материаллар асосида ўтказилган экспериментлар асосида ТЭГларнинг фойдали иш коэффициентлари 55% га етказилди.

Термоэлектрик ҳодисадан асосан иссиқлик ва ёруғлик энергиясини электр энергиясига айлантиришга ва совутгичлар яратища фойдаланилмоқда. Буларнинг ишлаш принципида фарқ йўқ.

Ҳозирги вақтда ярим ўтказгичли совутгичлар халқ ҳўжалигининг ҳар хил тармоқларида кенг қўлланилмоқда.

Ярим ўтказгичли совутгичларнинг афзаллиги шундаки, ўзгармас ток манбалари – батареялардан олинадиган ток билан ишлайдиган кичик ҳажмли совутгичлар ҳам ясаш мумкин бўлиб қолди.

2. Термоэлектрон ўзgartиргичлар деб ҳаракатланувчи механизmlарни ишлатмасдан, иссиқлик энергиясини тўғридан-тўғри электр энергияга айлантирувчи асбобларга айтилади.

Термоэлектрон айлантиргичларда ҳаракатланувчи механизмнинг бўлмаслиги керакли катталиқдаги ва вазни енгил

бўлган ихчам электр генераторлари ясаб, уларни космик кемаларда ишлатиш имконини беради. Термоэлектрон айлантиргичларнинг иши юқори вакуумли электрон лампасининг ишааш принципига асосланган бўлса-да, унинг электрсиридан бири – катод жуда юқори температурада қизиган бўлиб, иккинчисида, яъни анода температура унга нисбатан паст бўлишига қарамай үлар ўртасида иссиқлик ўтказувчаник ҳосил бўлмайди. Шунинг учун ҳам иссиқлик энергияси ортиқча исроф бўлмайди. Шу сабабдан ҳам айлантиргичнинг фойдали иш коэффициенти жуда юқори бўлади.

Термоэлектрон айлантиргичда цезий элементининг бусларини ишлатиб, унинг фойдали иш коэффициентини 30-35 % гача етказиш мумкин.

Термоэлектрон айлантиргичларни ҳар томонлама текшириш, бу айлантиргич билан ёқилгининг энергиясини қуёш нури ва атом ядроси энергиясини тўғридан-тўғри электр энергияга айлантириш имконияти борлигини кўрсатади.

Бу ерда қуёш нури энергияси қайтарувчи кўзгулар ёрдамида қиздириладиган айлантиргичнинг электродлари устига тўплаб, унинг температураси керакли даражага етказилади. Сўнгра унга нисбатан совуқ анод билан шу қиздирилган электрод, яъни катод ўртасига иш бажариш занжири уланади.

Юқорида айтганларимиз термоэлектрон айлантиргичнинг истиқболи катталиги ва қуёш энергиясини электр энергияга айлантиришдаги асосий воситаларидан бири эканлигини кўрсатади.

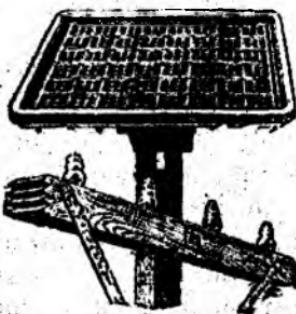
3. Фотоэлементлар қуёш нурини электр энергияга айлантиради. Кейинги йилларда бир неча мамлакатларда қуёш нурини электр энергияга айлантирадиган фотоэлементлар яратилди.

Кремнийнинг монокристалл турларидан фотоэлементлар ясаш соҳасида катта тажрибалар бор. Фотоэлементларнинг фойдали иш коэффициентини ошириш устида кўпгина олимлар илмий тадқиқот ишлари олиб бормоқдалар.

Фотобатарея тўғри ва сочилик қуёш радиацияси билан ишлай олади. Бу ҳол эса булутли кунларда географик кенглиги каттароқ бўлган жойларда фойдалануви имконини беради.

Гелиотехникада фотоэлементлар сифатида кремний ва
кадмий элементларидан фойдаланилади.

173-расмда фотоэлемент батареясининг умумий кўриниши
тасвиirlанган. Бу фотобатарея бир неча элементларни кетма-кет
улаб ҳосил қилинган. Фотобатареяни ясашдаги
қийинчилклардан бири уларнинг коммутацияси (элементларни
бир-бирига улаб батарея ҳосил қилиш) дир. Оддийгина, ихчам
куёш батареясининг радиоприёмникоша ишлатилиши 174-расмда
кўрсатилган.



173-расм



174-расм

Хозирги вақтда кўргина мамлакатларда фотоэлементлар
учун янги, арzon материаллар излаш ва батареяларнинг янги
турларини ясаш устида катта ишлар олиб борилмоқда.

Тошкентда, Ўзбекистон Фанлар академиясининг физика-
техника институти кўзгу типидаги концентратлардан
фойдаланиб, кремнийдан ясалган фотоэлементлар физикавий ва
техникавий томондан ўрганилмоқда ва куёш фотобатареялари
синаб кўрилмоқда.

8.8. ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯНИ УЗАТИШ

Электр энергия узатиш линияларининг кучланиши ўтказгич
материаллар энг кам сарфланадиган ва узатиш нархи энг арzon
бўлгани ҳолда энергия энг кам исроф билан узатиладиган қилиб
танланади.

Уч фазали ток линияси орқали узатиладиган қувват
қуйдагича бўлади:

$$P = \sqrt{3} UI \cos \alpha. \quad (8.1)$$

Симлардаги қувват исрофлари қуийдагига тенг:

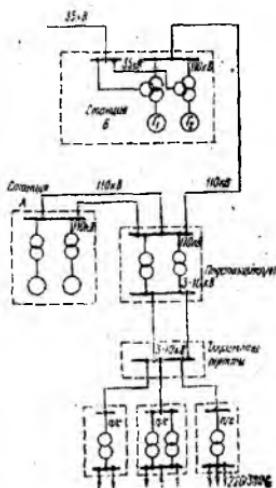
$$\Delta P = 3I^2r = 3I^2\rho \frac{l}{S} \quad (8.2)$$

ёки

$$\Delta P = 3 \frac{P^2}{3U^2 \cos^2 \varphi} \rho \frac{l}{S} = \frac{P^2}{U^2 \cos^2 \varphi} \cdot \frac{\rho l}{S}. \quad (8.3)$$

Агар исрофлар қувватини узатилаёттан қувватта нисбатан фоизларда ифодаласак:

$$\Delta P = \frac{\Delta P}{P} \cdot 100\% = \frac{P}{U^2 \cos^2 \varphi} \cdot \frac{\rho l}{S} \cdot 100\% \quad (8.4)$$



175-расм

трансформациясиз худди шундай номинал кучланишли юқори вольтили истеъмолчиларга юборилади. Энергиянинг қолган қисми истеъмолчилар ҳудудига юборилиб, трансформация қилингандан кейин тармоқлар бўйлаб 127, 220, 380 ёки 500 В кучланишда истеъмолчиларга берилади.

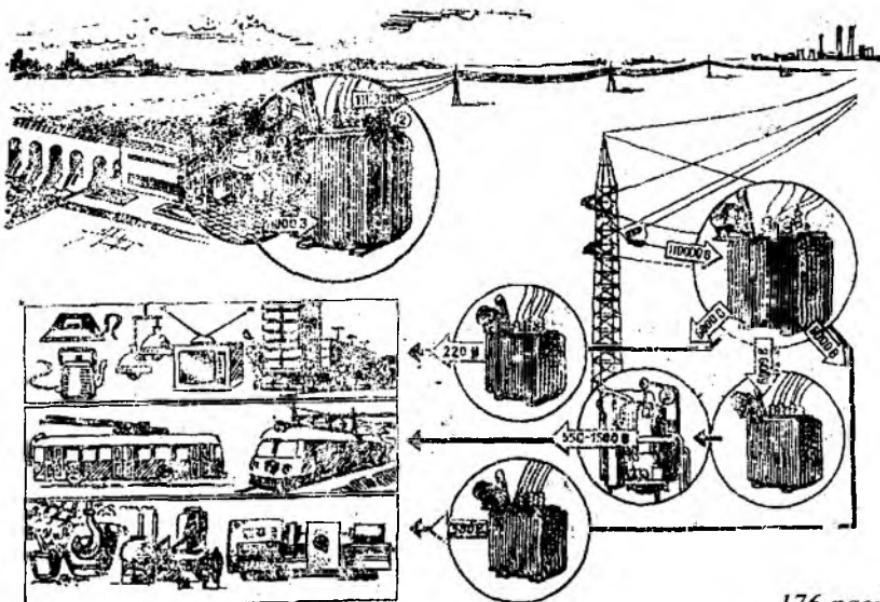
(8.4) ифодадан кўринадики, узатилаёттан қувват ва электр энергия узатиладиган масофа ортганда энергия исрофини чеклаш учун кучланишни орттириш керак экан.

Маҳаллий аҳамиятга эга бўлган, истеъмолчилар яқинида жойлашган кичик қувватли станциялар истеъмолчи билан бирдай кучланишда ишлайди. Бинобарин, бунда энергия трансформация қилинмасдан станциядаги кучланишнинг ўзида узатилаверади.

Маҳаллий аҳамиятга эга бўлган юқори қувватли станциялар 3,6,10 кВ кучланишда ишлайди. Бу ҳолда энергиянинг бир қисми станциядан

Истөмөлчилар яқинида жойлашган маҳаллий аҳамияттағы бұлған кичик құвватлы станциялар истөмөлчи билан бир хил, яъни 220-380 В күчланишларда ишлайди, яъни энергия трансформацияламасдан узатилади.

ГРЭСлар ва қисман ИЭМлар энергиясини узатышда **энергия** номинал күчланиши 10-15 кВ бұлған генераторлардан **кучайтирувчи** трансформаторлы подстанцияларга берилади. Подстанцияларда күчланиш 35-110-220-330-500 кВ гача **кучайтирилгандан** сүнг энергия юқори вольтли узатиш линияси **орқали** истөмөл қилинадиган ҳудудға 35-110-220-330-500 кВ ни 6-10 кВ га пасайтирувчи подстанцияларга берилади. Сүнгра энергия тармоқ бүйлаб 6-10 кВ күчланишда қисман юқори вольтли приёмникларга, қисман 6-10 кВ ни 220 - 280 В га пасайтирувчи подстанцияларга, бу подстанциялардан 220 ва 380 В күчланишда истөмөлчига берилади. 175-расмда электр энергияни узатиш ва тақсимлаш схемалари күрсатылған.



176-расм

176-расмда электр энергияни узатишнинг мумкин бұлған схемаларидан бири күрсатылған. Схема бир линияли, яъни узатиш линиясининг учта фазаси бир линия билан тасвирланған.

8.9. ЎЗГАРМАС ТОКНИ УЗОҚ МАСОФАГА УЗАТИШ

Рус электротехники М. О. Доливо-Добровольский электр энергиясини узоқ масофаларга узатиши схемасини 1897 йилда Халқаро электротехника күргазмасыда намойини кылган.

Электр энергиясини узоқ масофаларга узатишинин инженеристиқ болли усулн үзгармас токдан фойдаланыпцидир. Үзгармас токдан фойдаланиладиган электр узатиши линиялари айни ўша ўтказгичларнинг ўзидаи күпроқ энергия узатишга имкон беради. Чунки ўтказгичлар орасидаги кучланиши узгарувчан ток линиясидаги кучланишининг амплитудасига тенг қылаб олинини мумкин. Бундан ташкари үзгармас токдан фойдаланилганда линиянинг индуктив қаршилиги ва сиғимі билди бөлгөн қийинчиликлар ҳам ўз-ўзидаи бартараф бўлгади. Бу айниқса, электр энергиясини узоқ масофаларга узатища мухимдир.

Электр энергиясини үзгармас ток воситасида узатища электр станцияларидағи генераторлар ишлаб чиқарадиган узгарувчан кучланиши аввал трансформаторлар ёрдамида



177-расм

кучайтирилади, сўнгра маҳсус қурилмалар (инверторлар) ёрдамида үзгармас кучланинга айлантирилади. Электр узатиши линиясининг охирида үзгармас кучланиши яна узгарувчан кучланишга айлантирилади, сўнгра трансформатор ёрдамида керакли катталикка туширилади.

Электр энергиясини узоқ масофаларга узатища үзгармас токдан фойдаланиши учун қатор кулаїлниклар яратади:

- электр энергиясини узоқ масофаларга катта қувватда узатиш мумкин;
- чегаралманмаган масофада ҳаво ва кабель линияларини ўтказиш мумкин;
- узатиладиган қувватни ростлаш осонлашади;
- қуввати 750 мВт үзгармас токни 650 км масофага, қуввати 1500 мВт бўлса, 500 км га узатиш мумкин.

8.10. ЛИНИЯ ВА ТАРМОҚЛАР

Электр энергияси истеъмолчиларга симлар орқали узатилади. Агар система тармоқларга бўлинмаган бўлса электр линиялари деб, тармоқларга бўлинган бўлса, электр тармоқлари деб юритилади.

Кучланишлар катталигига кўра линия ва тармоқлар иккига бўлиниади:

кучланиши 1000 В гача бўлган линия ва тармоқлар;

кучланиши 1000 В дан ортиқ бўлган линия ва тармоқлар.

177-расмда юқори кучланиш линияси тасвиранганди.

Вазифасига кўра тармоқлар иккига бўлиниади:

1. Энергия узатувчи тармоқлар. 2. Тақсимловчи тармоқлар.

Энергия узатувчи тармоқлар энергияни станция ёки подстанциялардан тармоқнинг энг муҳим узелларига узатади. Электр энергияси тақсимот узелларидан истеъмолчиларга юборилади.

Линиялар (тармоқлар) ҳаво линиялари, ер ости линиялари ёки кабеллар ва ички узатиш симларига бўлиниади.

Ҳаво линияларига ер ости линияларига қараганда озроқ маблағ сарф қилинади. Ҳаво линияларидаги шикастланган жойларни топиш осон бўлгани учун улардан фойдаланиш ҳам қулаӣ бўлади.

Ҳаво линияларидаги алюминий, пўлат-алюминий ёки мис симлардан фойдаланилади. Бу симлар метал ва темир бетон таянч-мачталарга осилган - осма изоляторлар ёрдамида тортилади.

Ер ости линиялари - аҳолиси зич жойлашган шаҳарларда, саноат корхоналари ва заводлар ичидағи тармоқларда ишлассиленди. Ер ости линияларидаги кабеллардан фойдаланилади. Кабелларда токларни изоляцияловчи материал сиратиди мой-канифоль таркиби мудда шимдирилган кабель корози, кейинги вақтларда оса полистилен ишлатилади. 10 кВ гача кучланишга мўлжалланган қоғоз изоляцияли кабеллар кўнағб ишлатилади.

Мамлакатимизнинг бир қатор ҳудудларидаги электр станциялари юқори кучланишли узатиш линиялари воситасида бирлаштирилиб умумий электр тармоқлари юзага келтирилган. Уларга истеъмолчилар биректирилади. Бундай бирлашмалар энергосистема деб аталади. Энергосистема эргалабки ва кечикурунги найтларда энергиядан фойдаланишида юзага келадиган «ник» юкламаларни текислантига имкон беради. Энергосистема истеъмолчиларга, қаерда жойлашган бўлмасин, тўхтовсиз электр энергияси бериб турилишини таъминлайди.

Хозир Ўзбекистоннинг деярли барча шаҳарларини бирлашган энергетик системалар энергия билан таъминламоқда.

Энергетика тараққиётининг янги босқичида ягона юқори кучланиш тармоғи ёрдамида энергетик системалар мамлакатнинг ягона энергетик системасига бирлаштирилади.

ТАКРОРЛАШ УЧУН САВОЛЛАР

1. Электростанцияларнинг қандай турлари бор ва уларда бирламчи энергия сифатида қандай манбалардан фойдаланилади?
2. Электр симлари кесими кучланишнинг йўл қўйилган тушишига кура танлаш усулини кўрсатинг.
3. Электр симларини кесим юзасини уларда йўл қўйиладиган қизишига кура танлаш усулини кўрсатинг.
4. Электроэнергияси узоқ масофаларга узатиш учун ЛЭПнинг оширишидаги кучланиш генератор кучланишига нисбатан ким шир неча марта оширилади. Бунинг учун электродвигателарга оширувчи трансформатор ўрнатилади. Кучланышни бундай ўзгартиришнинг моҳияти нимадан иборат?
5. Электроэнергияси истеъмол қилинадиган жойларда кучланиши мөривардида иш кучланиш 220, 230 В гача пасайтириши (пасайтирувчи трансформаторлар ёрдамида). Кучланишини шу даражагача пасайтириш нима учун зарур?
6. Цехларга мўлжалланган куч тармоғининг радиал схемаси электр қабул қилувчилар чанг, ёнгин ва портлаш хавфи бўлган хоналарда қўлланилади. Бунинг негизида нима ётади, радиал схеманинг афзалликларими ёки камчиликларими?
7. Узатиш линиясининг иш кучланиши қанча юқори бўлса, ўлчамлар (таянчларнинг баландлиги, улар орасидаги масофа, симлар орасидаги масофа) шунча катта бўлади. Линиянинг бундай тузилишини қандай тушунириш мумкин?
8. Зовурларга кабель 0,7 – 0,8 м чуқурлиқда, йўлларнинг қатнов қисми остида эса 1 м чуқурлиқда ётқизилади. Кабель қум ёки майда тупроқдан тайёrlанган дўнгликка ётқизилади ва унинг устида фишт ёки бетон плита ётқизилади. Кабель линиясини бундай ётқизишида нимага асосланилади?

ІХ БОБ. ЭЛЕКТРИК ЮРИТМА

9.1. УМУМИЙ ТУШУНЧАЛАР

Энергия билан таъминлаш, бошқариш ва ростлаш қурилмалари электрик юритма деб аталади.

Электрик юритма, асосан, электр двигатели, узатма ва бошқариш системасидан иборат бўлади. Электрик юритмалар қўйидаги турларга бўлинади:

1. Трансмиссияли электрик юритма. 2. Якка двигателли электрик юритма. 3. Кўп двигателли электрик юритма.

Трансмиссияли электрик юритма ўз навбатида умумтрансмиссияли ва гуруҳли электрик юритмаларга, якка двигателли электрик юритма эса оддий якка двигателли ва индивидуал электрик юритмаларга, кўп двигателли электрик юритма оддий кўп двигателли, индивидуал кўп двигателли ва агрегатланган кўп двигателли электрик юритмаларга бўлинади. Электрик юритмалар бошқариш турига кўра автоматлаштирилган ва автоматлаштирилмаган бўлади. Технологик талабларга ва двигателнинг хусусиятларига кўра электрик юритмалар ростланадиган ва ростланмайдиган турларга бўлинади.

Электр двигатель ҳаракатини пўлат арқонлар ёки тасмалар воситасида корхона қаватлари ёки цехлардаги бош трансмиссияларга узатувчи юритма умумтрансмиссияли электрик юритма деб аталади.

Электр двигатель ҳаракатини бир қанча иш машиналарига узатувчи юритма гуруҳли электрик юритма дейилади.

Гуруҳли электрик юритма умумтрансмиссияли электрик юритмага нисбатан афзал бўлишига қарамай, бу юритмада ҳам электр энергиянинг механикавий тақсимланиш имкониятларидан тўла фойдаланиб бўлмайди.

Ҳар бир иш машинаси ўзига тегишли алоҳида электр двигателига эга бўлган юритма якка двигателли электрик юритма деб аталади.

Двигатель иш машинасидан алоҳида бўлган ёки унинг тузилишига ўзгартиришлар киритмасдан ўрнатилган юритма оддий якка двигателли электрик юритма деб аталади. Бунда электрик юритмада қувват истрофи трансмиссияли электрик юритмага нисбатан анча кам бўлса-да, лекин унда ҳам узатиш механизми мураккаб бўлади.

Индивидуал электрик юритмада ҳар бир иш механизмига маҳсус электр двигатели ўрнатилади. Индивидуал электрик юритмаларда узатманинг туттун ўринига қараб, уларни оддий индивидуал ва маҳсус индивидуал электрик юритмаларга ажратиш мумкин.

Электр двигатели билан иш механизми орасида баъзи узатма элементлари (тишли фидирак, муфта, кривошип, шатун ва шу кабилар) бўлган юритма оддий индивидуал электрик юритма деб аталади. Кўп моторли электрик юритма мураккаб машинанинг айрим иш органларига механикавий энергияни бир марказдан тақсимлашда катта нокулайлик туғдиради ва қувватининг бир қисмини исроф бўлишига олиб келади. Агар мураккаб становкларнинг ёки иш машиналарининг ҳар бир органини алоҳида электр двигатели билан ҳаракатга келтирилса, у ҳолда уларни автоматлаштириш анча енгиллашади, узатманинг конструкцияси соддалашади. Мураккаб становклар ёки машиналарнинг иш органлари улардан алоҳида ўрнатилган мустақил электр двигателлари билан таъминланган бўлса, бундай юритмалар оддий кўп двигателди электрик юритмалар дейилади.

Мураккаб машинанинг иш органларига бевосита двигатель ўрнатилган ва натижада уларни ишлатиш қулай кўринишга айлантирилган юритма индивидуал кўп двигателли электрик юритма деб аталади. Бундай электрик юритма маҳсус агрегат становкларда кенг қўланилади.

Бошқариш аппаратлари билан автоматик равишда ишга тушириладиган, тўхтатиладиган ёки матъум тезликни ўзгартирмай сақлаб турадигай юритма автоматлаштирилган электрик юритма деб аталади. Технологик талабларга кура тезлиги мажбурий равишда ўзгартириладиган юритма ростланадиган электрик юритма деб аталади. Автоматлаштирилган ва ростланадиган электр юритмаларда юқоридаги уч асосий қисмларидан ташқари ўзгартиргич (датчик) ҳам бўлини мумкин.

Автоматлаштирилган электрик юритмада электр энергия механизковий энергияга айлантирилишидан тақиари технологик талабларга биноан бу механизковий энергияни электр усуви билан ростлаб туриш ҳам мумкин. Натижада жараёнини такомиллаштириш, механизм иш унумини ошириш ва маҳсулот сифатини яхшилашга имконият туғилади.

Хозирги найтда ишлаб чиқариш машиналариға ва механизмларында мослаң қуввати бир неча ўн минг кВт бўлган электрик юритмалар (аэродинамик трубадаги вентилятор, прокат станлари ва насосларнинг электрик юритмаси), шу билан бирга қуввати ваттнинг улушларига тенг бўлган митти электрик юритмалар ҳам ишлаб чиқаришда кенг қўлланилмоқда.

9.2. ЭЛЕКТРИК ЮРИТМАНИНГ МЕХАНИКАВИЙ ХАРАКТЕРИСТИКАСИ

Электрик юритмани тўғри танлашда электр двигателининг механикавий характеристикаси катта роль ўйнайди.

Механикавий характеристика икки хил бўлади. Двигателни ишга тушириш, тўхтатиш, унинг тезлигини узгартириш, реверслаш (айланиш йўналишини узгартириш) кабиларда сунъии характеристикалардан фойдаланилади. Агар двигатель номинал параметрлар билан ишлатилса, табиий характеристикадан фойдаланилади. Кўн ҳолларда узгармас ток двигателлари учун $n=f(M)$ боғланиш ўрнига, электромеханикавий ёки тезлик характеристикаси $n=f(I)$ дан фойдаланиш мумкин.

Электр двигатели айланиш тезлигининг (частотасининг) айлантирувчи моментга боғланишига кўра механикавий характеристикалар учга бўлинади.

1. Двигателни айланиш частотаси $\frac{M}{dn} = const$ берилган юкламада узгармаса, абсолют қаттиқ характеристика олинади. Бундай характеристика синхрон двигателларида кўпроқ учрайди.

2. Двигатель юклamasи ортиши билан унинг айланиш частотаси узгарса, қаттиқ характеристика олинади. Бундай характеристика параллел уйғотишли узгармас ток двигателларида бўлади.

3. Двигатель юклamasи ортиши билан унинг айланиш частотаси кескин узгарса, юмшоқ характеристика олинади. Бундай характеристика кетма-кет уйғотишли узгармас ток двигателларида бўлади.

Электр двигателларининг механикавий характеристикалари қўйидағи тенглама билан ифодаланади:

$$M_c = M_0 + (M_{ct} - M_0) \left(\frac{n}{n_H} \right)^2,$$

бу ерда M_c – берилган айланиш частотаси n да двигателнинг қаршилик моменти;

M_0 – айланиш частотаси n га боғлиқ бўлмаган ишқаланиш кучининг моменти;

M_{ct} – номинал айланиш n_H да қаршиликнинг статик моменти.

Ўзгармас ток двигателларининг механикавий характеристикасини олиш учун якорь токи билан қутблардаги магнитавий майдоннинг ўзаро таъсири натижасида ҳосил бўладиган айлантирувчи моментни аниқлаш зарур. У қуидагича бўлади:

$$M = \frac{1}{2\pi} \frac{P\omega}{\alpha} \Phi I_a = K_m \Phi I_a. \quad (9.1)$$

Двигателнинг якорида ҳосил бўлган Э.Ю.К.:

$$E = \frac{P\omega}{\alpha 60} n \Phi = K_e n \Phi. \quad (9.2)$$

Э.Ю.К. ларнинг мувозанат тенгламасига кўра

$$U = E + U_a. \quad (9.3)$$

Агар (9.1), (9.2) ва (9.3) ифодалардан айланиш частотаси n ни аниқласак, двигателнинг механикавий ҳарактеристикасини аниқлайдиган формулани қуидагича ёзиш мумкин:

$$n = \frac{U}{K_e \Phi} - \frac{R}{K_e K_m \Phi^2} \cdot M, \quad (9.4)$$

бу ерда K_e , K_m – двигателнинг конструктив параметрлари билан аниқланадиган момент ва Э.Ю.К. коэффициентлари деб юритилади.

Агар (9.2) ва (9.3) ифодалардан n ни аниқласак, двигателнинг тезлик характеристикасини топамиз, яъни

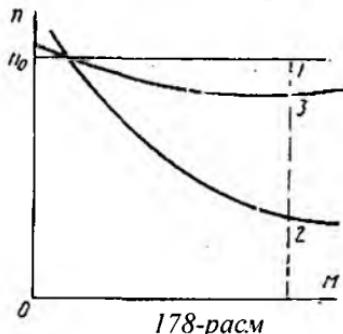
$$n = \frac{U}{K_e \Phi} - \frac{U_a}{K_e \Phi}. \quad (9.5)$$

(9.2) ва (9.4) тенгламаларни қуидагича ифодалаш мумкин:

$$n = \frac{U}{K_e \Phi} = \frac{R}{K_e \Phi K_m \Phi} \cdot M. \quad (9.6)$$

Агар (9.6) ифодадан $K_e \Phi = C_e$ ва $K_m \Phi = C_m$ деб белгиласак, у ҳолда қуиидаги ҳосил бўлади:

$$n = \frac{U}{C_e} - \frac{R \cdot M}{C_e C_m} = n_0 - \frac{R \cdot M}{C_e C_m}. \quad (9.7)$$



(9.7) ифодага кўра параллел уйғотишили электр двигателининг табиий ва сунъий характеристикалари қурилади. Магнит оқими номинал қийматга эга бўлган двигателининг табиий ва сунъий характеристикалари тўғри чизиқдан иборат бўлиб, улар идеал салт иш режимида $M=0$, $n=n_0$ нуқтада кесишган бўлади (178-расм).

9.3. ЭЛЕКТРИК ЮРИТМАНИНГ ДИНАМИК МОМЕНТИ

Электрик юритманинг бир турғун ҳолатдан иккинчи ҳолатга ўтиш жараёнидаги ишлаш режими унинг ўткинчи режими дейилади.

Ўткинчи режимларни қуиидаги усуллар билан ҳисобланади:

1. Аналитик усул – бунда параметрлар $L=\text{const}$, $I = \text{const}$ бўлиб, айлантирувчи момент билан қаршилик моментининг тезликка боғланишининг аналитик ифодаси берилган бўлади, яъни $M_a=f(n)$ ва $M_K=f(n)$.

2. Графо-аналитик усул – бунда параметрлардан L ва I ўзгарувчи бўлади.

3. График усул – бунда айлантирувчи ва қаршилик моментларининг тезликка боғланиши график усулда берилган бўлади.

4. Физикавий моделлаш усули – бунда мураккаб электрик юритмаларнинг кичрайтирилган модели ясалиб, унда ўткинчи режимлар текширилади.

5. Математик моделлаш усули – бунда электрик юритма учун тузилган дифференциал тенгламалар системаси электрон

аналог ҳисоблаш машинасига берилган бўлиб, ундан электрик ва механикавий параметрларнинг вақт бўйича ўзгаришлари эгри чизиқлар шаклида олинади.

Электр двигателининг айлантирувчи моменти электрик юритманинг қаршилик моменти билан мувозанатда бўлади, яъни $M_a = M_k$. Электрик юритманинг қаршилик моментини уч туругга бўлиш мумкин:

1. Иш машинасининг фойдали моменти (масалан, чўзиш, сиқищ, кесиш, пресслаш, тоқни баландликка кўтарини ва ҳ.к.).

2. Иш машинаси қисмларининг ишқаланишидан ҳосил бўлган момент (бу момент кўпинча заарли бўлади).

3. Электрик юритманинг инерция моменти.

Биринчи ва иккинчи моментларни статик момент, учинчи моментни эса динамик момент деб юритилади.

Моментларнинг мувозанати қўйидагича ҳарактерланади:

$$M = M_c + M_{\Delta \omega}.$$

Электрик юритманинг динамик моменти қўйидагича аниқланади:

$$M_{\Delta \omega} = j \frac{d\omega}{dt}, \quad (9.8)$$

бу ерда j — механикавий системанинг ҳаракатланувчи қисмларининг инерция моменти;

ω — двигатель валининг бурчак тезлиги, $\frac{\text{рад}}{\text{с}}$.

Агар бурчак тезликни $n \frac{\text{мин.}}{\text{мин.}}$ орқали ифодаласак

$$\omega = \frac{\pi n}{60}.$$

У ҳолда динамик моментни қўйидагича ёзин мумкин:

$$M_{\Delta \omega} = M - M_c = \frac{1}{9,55} \cdot \frac{dn}{dt} [Нм]. \quad (9.9)$$

(9.9) ифода электрик юритманинг динамик тенгламаси деб юритилади.

Электрик юритмаларни ҳисоблашда инерция моменти қўйидагича олинади:

$$j=mp^2 = \frac{GD^2}{4g}, \quad (9.10)$$

бү ерда GD^2 – электрик юритма системасининг сиаташ моменти, G ва m – тегишлича оғирлік күчи ва масса, (9.9) ва (9.10) ифодалардан қуийдагини өзин мумкин:

$$M_{\Delta n} = M - M_c = \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt}.$$

Электр двигателларниң роторлари (ёки якорлари) учун GD^2 нинг қиймати катололарда берилген бўлади.

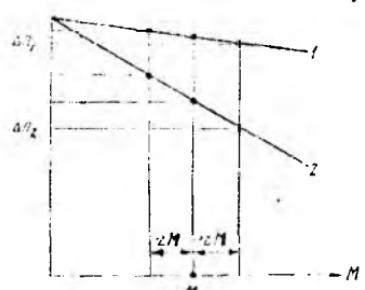
9.4. ЭЛЕКТРИК ЮРИТМАЛАРНИҢ АЙЛANIШ ЧАСТОТАСИНИ РОСТЛАШ

Амалда машина ва механизмларниң иш унуми ва ишлаб чиқарилаётган маҳсулотниң сифатини ошириш учун электрик юритмаларниң тезликлари турлича бўлиши талаб этилади. Электрик юритма тезлигини мажбурий равинида ўзгартириш айланиш частотасини ростлаш деб юритилади.

Электрик юритманиң айланиш частотаси ростланадиган ва ростланмайдиган бўлади.

Агар тармоқ кучланиши ва двигатель валидаги юклама ўзгармас бўлса, айланиш частотаси ростланмайдиган частота деб юритилади.

Двигатель валида юкламанинг бир оз ўзгариши ҳам айланиш частотасининг ўзгаришига сабаб бўлади.

 Двигатель айланиш частотасининг ўзгариши билан механикавий характеристиканинг боғланишини 179-расмда кўриш мумкин.

Двигатель юкламаси M_c ўртача қийматидан $\pm \Delta M$ га ўзгаришида частота мос равинида Δn_1 дан Δn_2 га ўзгарилиши моз. Характеристика эса 1 дан 2 гача ўзгарилиши моз.

Айланиш частотаси ростланадиган электрик юритмаларда ишлаб чиқариш талабига мослаб частота ростланади. Масалан, юк кўтариши кранларида, металл ишланиш станокларида, прокат станларида, насосларда ва центрафугаларда айланиш частотасини ростлаш талаб этилади.

Айланиш частотасини ростлаш усулини баҳолаш учун қуидаги күрсаткичлардан фойдаланилади:

а) частотанинг ростланиши чегараси – катта частотанинг кичик частотага нисбати;

б) частотанинг силлиқ ростланиши – икки частотани құшни поғонага ростлашдаги муносабат;

в) ростлаш тежамалығи – частотани ростлашда құшимча қувват исроф бўлиши ёки исроф бўлмаслиги;

г) берилган частотанинг стабиллиги – момент ўзгариши билан частотанинг ўзгариши;

д) частотани ростлаш йұналиши – номинал кучланишда частотанинг катта ва кичик бўлиши;

е) тури частоталарда юкламанинг қўйилиш чегараси.

Кейинги йилларда айланиш частотасини ростлаш электромагнит муфталар ёрдамида амалга оширилмоқда. (180-расм)

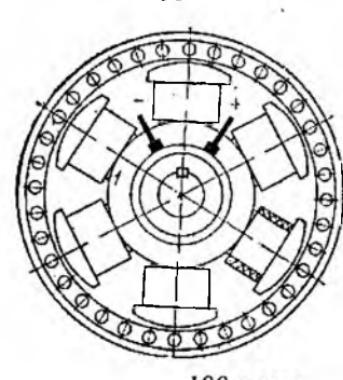
Электрик юритманинг иш режимида M ва M_c моментларнинг мувозанати бузилиши мумкин, яъни:

1. Агар $M > M_c$, яъни $\frac{dn}{dt} > 0$

бўлса, у ҳолда юритманинг айланиш частотаси орта бошлайди.

2. Агар $M < M_c$, яъни $\frac{dn}{dt} < 0$ бўлса, двигатель юкламаси қўпая бошлаганда юритманинг айланиш частотаси камая бошлайди.

3. Агар $M=M_c$, яъни $\frac{dn}{dt}=0$ бўлса, у ҳолда юритма текис ҳаракат билан турғун частотада айланади. Шундай қилиб, юритмага таъсир қиласиган M ва M_c моментлар мусбат (айланувчи) ва манфий (тормозловчи) бўлади.



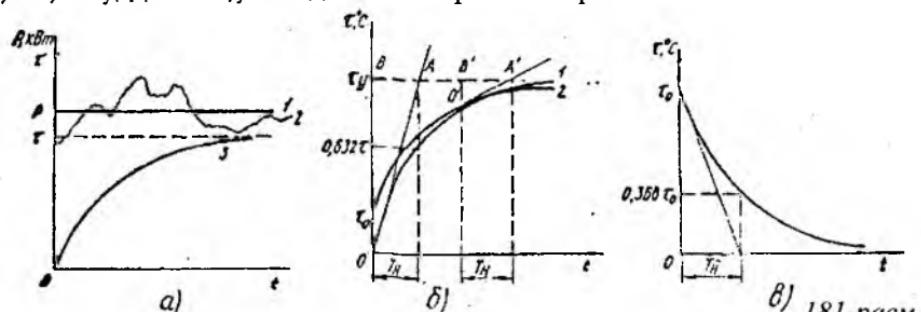
180-расм

9.5. ЭЛЕКТР ДВИГАТЕЛЬ ҚУВВАТИНИ ТАНЛАШ

Машина ва механизмларни ҳаракатга келтирувчи электр двигатель қувватини түғри танлаш ишлаб чиқаришда муҳим аҳамиятта эга.

Электр двигателининг қуввати етарли қилиб танланмаса, у қизиб кетади ва механизмнинг - нормал ишлашини таъминламайди; электр двигатели қуввати ортиқ танланса, установка қимматлашади, фойдали иш коэффициенти ва $\cos \varphi$ пасаяди.

Двигатель асосан уч хил иш режимида ишлайди: узоқ муддатли ўзгармас қувватда, ўрта юкламали қувват ва такрорий қисқа муддатли қувватда ишлаш режимлари.



1. Узоқ муддатли ўзгармас қувватда двигатель қувватини танлаш. Электр двигатели қувватини аниқлашда станок ёки механизмнинг юклама графигини, яъни қувват, токнинг вақтга боғланиши ва двигателнинг қизиш эгри чизиқлари, яъни $P = f(t)$, $I = f(t)$, $T = f(t^0)$ ларни билиш зарур (181-расм, а). Энг оддий ҳолда, яъни юклама ўзгармас бўлганда (1 тўғри чизиқ), ўзгарувчан бўлганда (2 эгри чизиқ), пропорционал ўзгарганда (3 эгри чизиқ) электр двигатели қуввати тегишли механизмлар учун справочникларда келтирилган формулаларга кўра аниқланади. Масалан, узоқ муддатли ўзгармас юкламада ишлайдиган двигателлар, вентилятор, насос ва компрессорлар двигателларини кўрсатиш мумкин. Вентиляторни ҳаракатга келтирувчи двигателнинг қувватини қутийдаги формулалардан фойдаланиб ҳисоблаш мумкин:

$$P = \frac{Q \cdot H}{102 \eta_B \eta_y},$$

бу ерда Q – вентиляторнинг иш унуми, m^3/s ; H – тўла босим, η_B – вентиляторнинг фойдали иш коэффициенти; η_y – электр двигателдан вентиляторга ҳаракат узатувчи узатманинг фойдали иш коэффициенти.

2. Ўрта юкламали қувватда двигатель қувватини танлаш. Ҳар қандай характердаги юклама бўлганда электр двигателни ҳосил қиласидиган қувват двигателнинг қизиши билан аниқланади. Ўзгарувчан юклама узоқ муддат билан ишлашида электр двигателни қувватини эквивалент токка кўра танланади.

Эквивалент ток деб шундай ўзгармайдиган токка айтиладики, бу ток электр двигателни чулғамларидан бутун ишлаш даври давомида ўтиб, чулғамларини ҳақиқий ўзгарадиган ток билан бирдай қиздиради.

Двигателнинг юкламаси ўзгармас бўлганда унинг иссиқлик баланси дифференциал тенгламаси қўйидагича ифодаланади:

$$Qdt = A\tau d\tau + cd\tau \quad (9.11)$$

бу ерда $Qdt - dt$ вақт давомида двигателда ажralиб чиқсан умумий иссиқлик миқдори; $A\tau d\tau - dt$ вақт ичида атрофмұхитта берилган иссиқлик миқдори; $cd\tau - dt$ вақт орлиғида двигатель температурасининг $d\tau$ краттилкка ўзгариши. (9.11) тенгламани ечиб, $\tau = f(t^0)$ бөләнишини топа оламиз.

Экспонициал қонунига кўра ўзгармас юкламада ишлаётган электр двигателининг қизиш температураси τ ни топиш мумкин:

$$\tau = \tau_0 (1 - e^{-\frac{t}{\tau_k}}) \quad (9.12)$$

бу ерда $\tau = \frac{Q}{A}$ қизини температураси; $\tau_k = \frac{C}{A}$ – қизиш вақти.

Двигателиниң қилинни вақти амалда $t = (3-4)\tau_k$ га тенг бўлади. 181-расм, б да $\tau = f(t^0)$ бөләнишининг графиги кўрсатилган.

Двигатель тўхтатилганда унинг совиши ҳам экспонициал қонун асосида аниқланади.

$$\tau = \tau_0 e^{-\frac{t}{\tau_k}} \quad (9.13)$$

Двигателниң совиши графиги 181-расм, в да берилган.

Агар двигателнинг юклама графиги $I(t)$, $M(t)$ ёки $P(t)$ эгри чизик кўрининшида берилган бўлса, уни зинасимон эгри чизик билан алмаштирилади (182-расм, а). t_1, t_2, \dots, t_n вақтлар орлиғида

Электр двигатели токи мос равиша I_1, I_2, \dots, I_n деб ҳисобланади.
Бунда Жоуль-Ленц қонунига кўра

$$I_{\Sigma}^2 R t^l = I^2 R (t_1 + t_2 + \dots + t_n) = I^2 R t_1 + I^2 R_2 t_2 + \dots + I^2 R_n t_n.$$

Бу ерда t^l — даврий ўзгариб турувчи юкламанинг бир цикли вақти; R — электр двигатель чулғамларининг қаршилиги.

Бунда эквивалент ток

$$I_{\Sigma} = \sqrt{\frac{I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + \dots + I_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}.$$

Электр двигателининг номинал токи I_n ҳисобланган эквивалент ток I_{Σ} га ёки ундан катта бўлади.

Параллел уйғотишлари ўзгармас ток двигателларида ва синхрон двигателларда эквивалент ток эквивалент айланувчи моментга тенг бўлади, яъни

$$M_{\Sigma} = G_m \Phi I = I_{\Sigma},$$

$$M_{\Sigma} = \sqrt{\frac{M_1^2 t_1 + M_2^2 t_2 + \dots + M_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}. \quad (9.14)$$

Двигатель шу момент M_{Σ} га кўра танланади.

Амалда двигателнинг айланиш частотасига юклама таъсир этмаса, двигательни эквивалент қувватга кўра олинади:

$$P_{\Sigma} = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + \dots + P_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}. \quad (9.15)$$

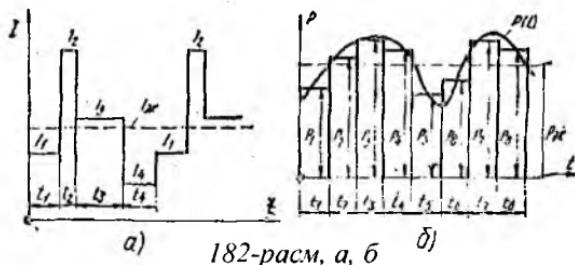
Агар $\omega = \text{const}$ бўлса,

$$P = \omega M \approx M$$

деб олиш мумкин.

3. Такорий қисқа муддатли қувватда двигатель қувватини танлаш. Двигательниң бундай иш режими t_u ва тўхташ вақти t_T билан алмашиниб туради.

t_u вақт ичида двигательниң қизиши маълум қийматга етмайди, t_T тўхташ вақтида эса унинг совуши атроф-муҳит



аниқланади, у амалда 10 минутни ташкил этади.

Бундай двигателнинг қувватини танлашда юклама графигини (182-расм, б) мос эквивалент график билан алмаштирилади. Эквивалент графикдан эквивалент қувватни қуидагича ёзиш мүмкін:

$$P_{\text{Э}} = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + \dots + P_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}, \quad (9.16)$$

бу ерда P_1, P_2, P_3 – двигателнинг t_1, t_2, \dots, t_n иш даврларига мос бўлган юкламалари.

Двигателнинг (9.16) ифодадан ҳисобланган қуввати $P_{\text{Э}}$ дан бевосита танлашда фойдаланимайди, балки механизмнинг ҳақиқий иш режими механизмнинг нисбий улаш вақти билан характерланади, у фоиз ҳисобида олинади:

$$HY = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_n}{t_{\text{И}}} \cdot 100\%.$$

Улаш вақтининг уч стандарт қиймати мавжуд (15, 25, 40).

Бундай ҳолларда эквивалент қувват НУни ҳисоблашда $P_{\text{Э}1}$, НУ₁ ни ҳисоблашда бошқа эквивалент қувват $P_{\text{Э}2}$ олинади, у ҳолда

$$P_{\text{Э}2} = P_{\text{Э}1} \frac{HY_1}{HY_2}. \quad (9.17)$$

(9.17) ифода двигателнинг қувват исрофи ўзгармас бўлганда ўринли бўлади.

температурасига тенг ҳам бўлмайди. Юклама диаграммаси $P=f_1(t)$ ва қизиш эгри чизиги 182-расм, м, б да кўрсатилган.

Двигателнинг бу режими $t_{\text{ц}}=t_u+t_r$ вақт цикли билан

9.6. БОШҚАРИШ АСБОБЛАРИНИНГ ТУРЛАРИ

Электрик юритмаларни бошқариш асбоблари электр механизм ва машиналарни автоматик равища ишга тушириш, тезликни ўзгартирмай сақлаш, реверслаш каби мураккаб вазифаларни бажаришга мўлжалланган бўлади. Бошқариш асбоблари ишлаш жараёнига кўра қуидагиларга бўлинади:

1. Коммутацион асбоблар – электр занжирларини қўл билан бошқаришда ишлатилади (турли рубильниклар, переключателлар, кнопкалар).

2. Автоматик асбоблар – уларнинг ишлаш жараёни токнинг электромагнитавий таъсирига асосланган.

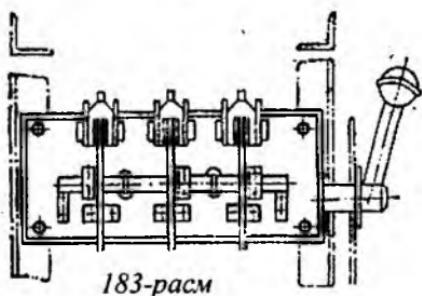
Электрик юритма асбоблари вазифаларига кўра қуидагиларга бўлинади:

1) ишга тушириш ва чегаралаш асбоблари (ишга тушириш реостатлари, қаршиликлар, магнитли ишга туширгичлар, контактор, контроллерлар);

2) ҳимоя асбоблари (иссиқлик релелари, сақлагичлар, электрон ва фотоэлектрон реле, минимал кучланиш релеси);

3) датчиклар.

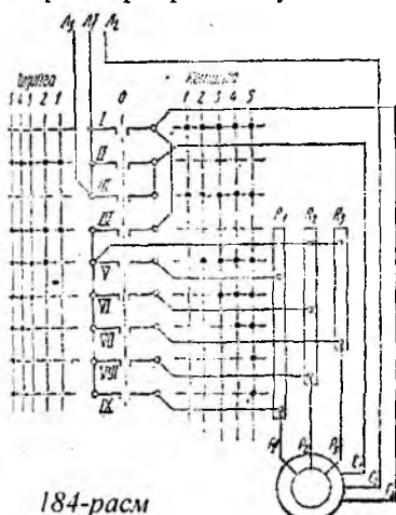
Қўл билан бошқариш асбоблари кучланиши 500 В гача бўлган ток тармоқларини узиб-улаб туришда ишлатилади. Буларга турли рубильниклар, пакетли узгич, барабанли узгич-улагич мисол бўла олади.



Ток кучи 1000 ампергача бўлган электр занжирларини узиб-улаб туришда қўлланиладиган оддий асбоб рубильник деб юритилади. Рубильниклар бир, икки ва уч қутбли бўлади. 183-расмда уч қутбли рубильник кўрсастилган.

Қўзғалувчан ва қўзғалмас контактлари бир-биридан изоляцияланган ҳамда махсус пакетлар ичига ўрнатилган асбоб пакетли узгич дейилади. Бундай асбоб билан асинхрондвигателлар ишга туширилади, тўхтатилади, юлдуз схемасидан учбурчак схемасига ўтказилади ва бошқариш занжири узиб-улаб турилади.

Электр двигателларини юргизиб юбориш, айланиш частотасини ростлаш, айланиш йұналишини үзгартыриш учун ишлатиладиган переключателлар контроллерлер деб аталаdi. Контроллерларнинг тузилиши содда ва ишончлидір.



184-расм

бошқариш учун ишлатиладиган контактторлар дейилади.

Үзгарувчан ток контактторларининг магнит системалари бир-биридан изоляцияланган юпқа темир листлардан тайерланади.

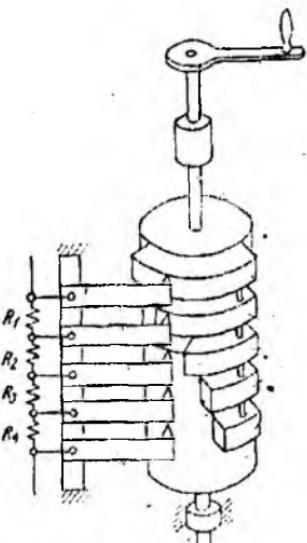
Уч қутбели үзгарувчан ток контактторининг схематик тузилиши 186-расмда күрсатылған. У қуйидагича шлайды.

Ю кнопка туташтирилғанда ток сим Λ_1 дан Ю ва Т кнопкалар орқали электромагнитнинг чулғами 8 га ва сим 4 га боради. Якорь тортилади ва ўқ 1 1/2 буради, бунда айни вақтда 2 ва 6 иш контактлари ва юқори блок-контактлар туташади, бу блок-контактлар Ю кнопкани шунтлайды ва унинг қўйиб юбилишига имкон беради. Двига-

Кұтариш кранларидә ишлатиладиган фаза роторли асинхрон электр двигателларни контроллерлер ёрдамида бошқариш мүмкін (184-расм).

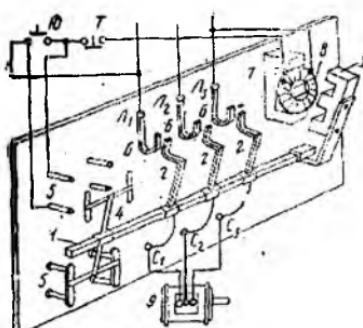
Амалда контроллерлар барабанли ва кулочокли бұлади. Барабанли контроллерлар үзгартувчан ва үзгартымас ток двигателларини ишке тушириш, бошқариш ва айланиш частотасини ростлашда құлланылади (185-расм).

Кучланиши 500 В гача бұлған электр асбобларини автоматик ва узоқдан туриб



185-расм.

ТӨЛНИ АЖРАТИШ УЧУН БОШҚАРИШ ЗАНЖИРИНИ УЗИШ ЕТАРЛИ, БУНИНГ УЧУН Т КНОПКА БОСИЛСА, КОНТАКТЛАР ЎЗ ОГИРЛИГИ ТАЪСИРИДА БИР-БИРИДАН АЖРАЛАДИ.



186-расм

Электромагнит 1 дән иборат. Пастида якорь 5 жойлаштирилган бўлиб, унга бир-биридан изоляцияланган учта контактли пластинка-улагич маҳкамланади.

Ишга туширгичнинг асоси 2 да контактлар 3 бўлади, бу контактларга уч фазали ўзгарувчан ток тармоғидан келган сим Λ_1 , Λ_2 , Λ_3 лар ва электр двигателдан келган сим уланади.

Электромагнит чулғамидан ток ўтганда магнитавий майдон ҳосил бўлади ва якорь ўзакка тортилади. Якорнинг контактли пластинкалари узгичлари уч фазали ўзгарувчан ток занжири ва электр двигателдан келувчи симлар уланган контактларини ўзаро улайди. Ток узилганда якорь ўз оғирлиги таъсирида пастга тушади ва натижада контактли пластинка-улагич двигателни тармоқдан ажратади.

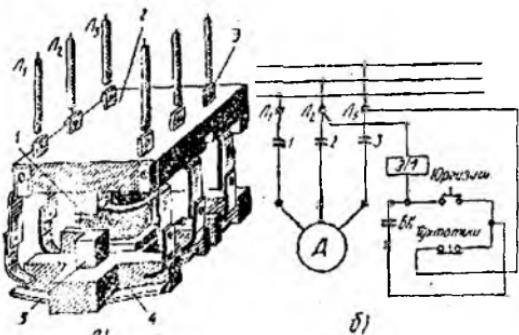
Двигателни магнитли ишга туширгич ёрдамида ишга тушириш схемаси 187-расм, б да кўрсатилган. Расмда магнитли ишга туширгичнинг контактлари 1, 2, 3 нормал ажратиб кўрсатилган.

259

9.7. МАГНИТЛИ ИШГА ТУШИРГИЧЛАР

Магнитли ишга туширгичлар (187-расм, а) юқориги асос 2 га маҳкамланган пўлат ўзакли

ишига туширгичлар (187-расм, б) юқориги асос 2 га маҳкамланган пўлат ўзакли



187-расм, а, б

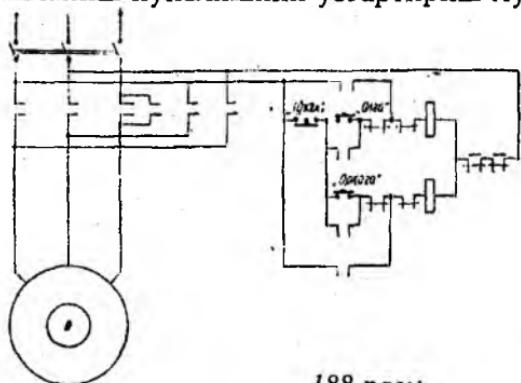
ЭМ ишга туширгич электромагнитининг бир учи ишга тушириш кнопкасининг контактига, иккинчи учи тармоқнинг Λ_2 симига уланади. «Тұхтатиши» кнопкасининг контактлари эса ажратылған бўлади. Блок-контактлари БК «Юргизиш» ва «Тұхтатиши» кнопкаларининг контактларига параллел уланган.

Двигателни ишга тушириш учун «Юргизиш» кнопкаси босилади, бу ҳолда ток Λ_2 сим, электромагнит чулғами ИТ ва Т кнопкаларининг туташган контактлари орқали тармоқнинг Λ_3 симга ўтади. Магнитли ишга туширгич якори электромагнит ўзагига тортилиб, асосий контакт 1, 2, 3 ларни ва шу билан бирга блок-контакт БК ни қўшади. Бу ҳолда ток занжиридан двигатель чулғамига келади ва у ишлай бошлайди. ИТ ва Т кнопкаларига параллел уланган ёпиқ блок-контактлар ИТ кнопкасини шунтлайди ва шу сабабли двигатель ишлаб турганда бу кнопкани босиб туришни ҳожати йўқ.

Двигателни тұхтатиши учун Т кнопкаси босилади.

Бу ҳолда ишга туширгич электромагнитнинг занжири узилади ва якорь ўзининг олдинги вазиятига қайтади. Ишга туширгичнинг асосий контактлари ҳам ажралиб, двигатель тұхтайди.

Иккита уч қутбли контактордан фойдаланиб, асинхрон двигателни шундай улаш керакки, улар ёрдамида двигателнинг айланиш йўналишини ўзгартириш мумкин бўлсин.



188-расм

Реверсив магнит ишга туширгичнинг кнопкали станцияси учта - «Олға», «Орқага» ва «Тұхташ» кнопкаларидан иборат бўлади (188-расм).

Бундай магнитли ишга туширгич уч қутбли контактордан, ток реле-сидан ва умумий яшикка ўрнатылған блокировка контактларидан иборат бўлади.

Двигателнинг статори 1 тармоққа сақлагиб 2 лар орқали уланади, бу сақлагичлар контакторларнинг олға (ОЛ) ва орқага (ОРҚ) юргизувчи иш контактлари ва иссиқлик релесининг элементлари 3 ни туташтиради. Бошқариш занжири «Тұхтатиши»

кнопкасидан, «Олға» ва «Орқага» юргизиш кнопкаларидан, «Олға» ва «Орқага» юргизиш контакторлари электромагнит чулғамларидан ва иссиқлик релеларининг ажратувчи контакторлари б дан иборат. «Олға» ва «Орқага» кнопкалари мос равища «Олға» ва «Орқага» контакторларининг туташтирувчи контакторлари 5 билан блокировка қилинади.

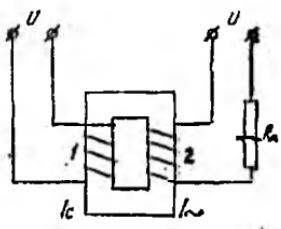
Двигателнинг айланиш йўналишини ўзгартириш учун Λ_1 ва Λ_2 фаза симларининг ўринларини алмаштиришга түгри келади, шунинг учун иккала контакторнинг бир вақтда уланиш эҳтимолини блокировка йўли билан йўқ қилиш керак, чунки бир вақтда уланса, фазалар қисқа туташиб қолади. Бундай блокировка «Олға» ва «Орқага» кнопканини тегишлича қуриш ва улаш йўли билан амалга оширилади. Иккала кнопканинг бир жуфтдан ажратувчи ва туташтирувчи контактлари бўлади.

Олға юргизиш қуийдагича бўлади. «Олға» кнопкаси босилганда унинг юқори контактлари ажралиб, пастки контактлари туташади. Ток Λ фазада Т кнопкa, «Олға» кнопкасининг туташган пастки контактори, «Орқага» кнопкасининг туташган юқори контактлари, «Олға» контактори электромагнитининг чулғами, иссиқлик релелари 6 нинг туташган бошқариш контактлари орқали Λ_2 фазага келади. «Олға»нинг иш контактлари ва блок-контактлари 5 туташади ва «Олға» кнопкасини қўйиб юбориш мумкин. Ток учун «Орқага» контакторининг электромагнит чулғами 4 орқали занжир ажралган бўлади. Кучланиш пасайиб, «Олға»нинг электромагнити чулғамида ток камайганда ва юклама ортиб кетганда иссиқлик релелари 3 бошқариш контактлари 6 ни ажратганда, двигатель автоматик узилади. Двигателни тўхтатиш зарур бўлиб қолганда Т кнопкa босилади. Двигатель «Орқага» ҳам худди шундай юргизилади. Расмдан кўриниб турибдики, кнопкалар бир вақтда босилганда двигатель уланмайди, чунки «Олға» ва «Орқага» кнопкаларининг бошқариш занжирлари ажратилган бўлади.

9.8. МАГНИТЛИ КУЧАЙТИРГИЧЛАР

Магнитли кучайтиргичлар катта қувватли ўзгарувчан токларни кичик қувватли ўзгармас ток ёрдамида ростлашга мўлжалланган бўлади (189-расм).

Агар чулғам 1 нинг қисқичларида кучланиш бўлмаса, чулғам 2 га R_n қаршилик



189-расм

орқали ўзгарувчан U кучланиш берилса, у ҳолда занжирдан ўзгарувчан ток I ўтади. Унинг қиймати қуйидагича бўлади:

$$I = \frac{U}{\sqrt{(R_r + R_n)^2 + (X_r - X_n)^2}}.$$

Пўлат тўйингганда ва $U=\text{const}$, $X=\text{const}$ бўлганда токнинг катталиги I ҳам ўзгармайди. Агар чулғам 1 га ўзгармас кучланиш берилса, чулғам 1 даги ўзгармас ток ўзакни магнитлайди ва пўлатнинг тўйиниши ортади. У ҳолда чулғам 2 нинг L_2 индуктивлиги ва X қаршилиги камаяди, ток I эса ортади. Бу схемада чулғам 1 нинг кириш қуввати P_K озгина ўзгарганда чулғам 2 нинг занжирида чиқиш қуввати P_Q анча катта ўзаради. Қувватни кучайтириш коэффициенти:

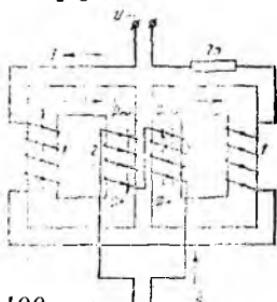
$$K = \frac{P_Q}{P_K}.$$

Бундан ташқари, магнитли кучайтиргичларнинг кучайтириш коэффициентлари ток ва кучланиш бўйича ҳам бўлади:

$$K_i = \frac{\Delta I}{\Delta I_b}, \quad K_u = \frac{\Delta U}{\Delta U_b},$$

бу ерда ΔI ва ΔI_b – юкламадаги ва бошқариш занжиридаги токлар; ΔU ва ΔU_b – юклама қисқичларидағи ва бошқариш чулғамларидағи кучланиш.

Кўлчилик ҳолларда кучайтиргичларнинг кучайтириш коэффициенти 250 – 300 дан ошмайди.

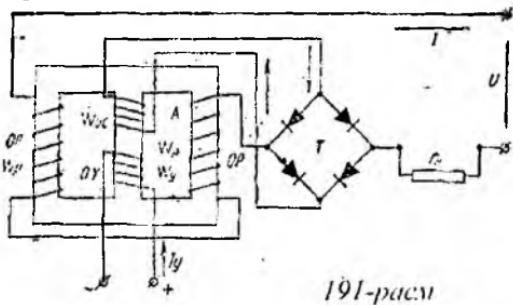


190-расм

189-расмда кўрсатилган схема амалда қўлланилмайди, чунки унинг кучайтириш коэффициенти кичик ва чулғам 2 да ҳосил бўлган ток синусоидал бўлмайди. Амалда 190-расмда кўрсатилган схемадаги магнитли кучайтиргич ишилатилади. Бу ҳолда кучайтиргич билан истеъмолчида синусоидал ток ҳосил қилиш мумкин. Ўзгарувчан ток чулғамлари 1 шундай ўраладики, уларнинг икки магнит ўтказгичи ички томонларида ҳосил бўладиган оқимлари Φ бир-бираига қарама-қарши йўналган бўлади. Бундай икки қисмдан

иборын бүлгән бошқарып чулғами 2 да ҳосил бүлган электр юритүүчү күч бир-бирини компенсациялады.

Магнитли кучайтиргичнинг кучайтириш коэффициентини орттириш учун тескари алоқа усулидан фойдаланилади. Бунда кучайтиргичдан кучайиб чиқкан энергия яна кучайтиргичнинг кириш қисқичига берилади.



Тескари алоқа ўрами А занжирга түғрилагич Т орқали уланган. А ўрам стерженни магнитлаш учун хизмат қиласы. Тескари алоқа ўрамидан түғриланган юклама токи үтади. Кучайтиргичнинг кириш қисқичидаги сигнални кучайтириш билан юклама токи ортади.

Магнитли кучайтиргич тескари алоқа кучайтириш коэффициентини орттиради. Магнитли кучайтиргичлар контрол қилиш, бошқариш ва автоматик ростлаш схемаларида ишлатилади. Магнитли кучайтиргичларда ҳаракатланувчи қисмларнинг бүлмаслиги, ишончли ва узоқ ишлашга чидамлилiği, ортиқча юкламаларга сезгир эмаслиги ва бошқа хусусиятлари уларнинг афзаллукларидир. Оддий схемали кучайтиргичларнинг муҳим камчилиги шуки, уларнинг инерцияси катта, яъни ишлаб кетиш вақти жуда катта бўлиб, маҳсус системаларда, масалан, кузатиб туриш системаларида ишлатиб бўлмайди.

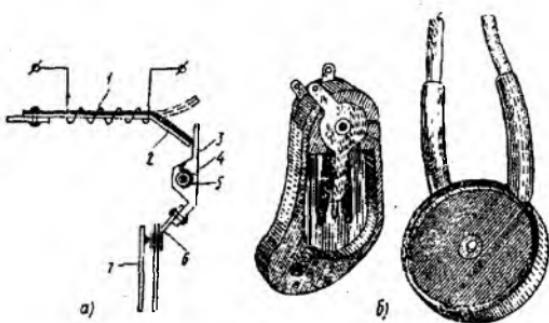
9.9. ҲИМОЯ АСБОБЛАРИ. ИССИҚЛИК РЕЛЕСИ

Ҳимоя асбоблари электрик юритма ва механизмларда хавфли иш режими содир бўлинши билан электр двигателини ток манбаидан узиш учун хизмат қиласы. Ҳимоя асбобларига

Уч стерженли ташқи тескари алоқали магнитли кучайтиргичнинг схемаси 191-расмда тасвирланаған. Кучайтиргичнинг бошқариш элементи қўшимча ўрам билан магнит ўтказгичнинг ўртадаги стерженига жойлаштирилган. Тескари алоқа ўрами А занжирга түғрилагич Т орқали уланган. А ўрам стерженни магнитлаш учун хизмат қиласы. Тескари алоқа ўрамидан түғриланган юклама токи үтади. Кучайтиргичнинг кириш қисқичидаги сигнални кучайтириш билан юклама токи ортади.

иссиқлик релеси, электрон реле, вақт релеси ва фотоэлектрон релени мисол қилиб күрсатиш мүмкін.

Температура ўзгаришларини сеза оладиган реле иссиқлик релеси (термореле) дейилади. Унинг ишлаш усули қизиганда металлнинг кенгайышыга асосланган. Бундай реленинг иш қисми чизиқли кенгайишнинг термик коэффициентлари ҳар хил бўлган иккита металлдан иборат биметалл пластинкадир. Биметалл пластинка кенгайиш коэффициентлари бир-биридан имкон борича кўп фарқ қиласидиган металдан ясалади, масалан, мис — пўлат, пўлат — никель, инвар — жез.



192-расм, а, б.

Электр двигателларини ортиқча тоқдан ҳимоя қилиш учун максимал иссиқлик релеси ишлатилади (192-расм, а). Бу реленинг электр иситкичи 1 унинг таъсирни қабул қилувчи қисмидир. Биметалл пластинка оралиқ қисм 2 сифатида қўлланилади, контактлар 7 эса

бажарувчи қисм бўлиб „собланади“. Электр иситкич двигатель занжирига, контактлар эса двигательнинг ишга туширувчи занжирига кетма-кёт уланган.

Нормал юкламада биметалл пластинка эгилган бўлади. Бунда ричаг 3 нинг юқориги елкаси пластинка 2 га тақалган бўлиб, пастки елкаси эса реленинг контактлари 7 ни бир-бирига қўшади.

Иситкичдаги ток йўл қўйиладиган қийматдан ошиб кетганда биметалл пластинка 2 термик кенгайиш коэффициенти кам бўлган металл томонга, яъни юқорига қараб эгилади. Бу ҳолда ричаг 3 нинг юқориги елкаси пружина 5 таъсирида ўқ 4 атрофида чапга қараб бурилади, пастки елкаси ўнгга бурилади ва натижада реле контактлари ўзлари уланган занжирни узади.

Релени иш вазиятига келтириш учун ричаг 3 нинг юқориги елкаси 192-расм, а да қўрсатилганидек бураб қўйилади.

192-расм, б да қуввати 600 Вт гача, кучланиши эса 127 ва 220 В бўлган бир фазали қисқа туташтирилган асинхрон электр

Двигателлари чулғамларини ортиқча қизиб кетищдан сақладыган ТТ-1 типидаги иссиқлик релеси тасвирланған.

Реле бевосита двигательга монтаж қилинади. Реленинг контактлари двигатель электр энергия олаётган занжирга улаб құйылади.

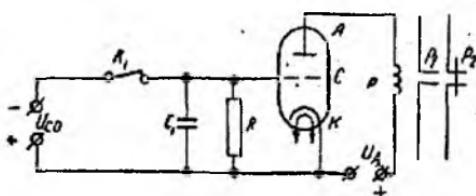
Двигатель чулғамларидан ўтаётган ток никром симли иситгични қиздирғанда реленинг биметалл элементи ишга тушади ва двигателни занжирдан ажратади.

Реленинг биметалл элементининг ишга тушиш температураси тахминан 120° . Қайтиш (двигателни тармоқта қайта улаш) температураси эса тахминан 80° атрофида бўлади. Магнитли ишга туширгичлар, ёғ манометрлари, автомобиль совитиш системаси термометрлари ва кўпгина бошқа қурилмаларда шу хилдаги иссиқлик релелари ишлатилади.

9.10. ЭЛЕКТРОН РЕЛЕЛАР

Электрон релелар электрон лампа – триод ва электромагнит реле Р дан иборат бўлади.

Электрон релелар жуда сезгир ва тез ишлайдиган бўлгани учун амалда қенг тарқалган. Электрон релеларнинг контактли ва kontaktсиз типлари мавжуд.



193-расм

кучайтиргичдан иборат бўлган электрон реленинг схемаси 193-расмда кўрсатилган.

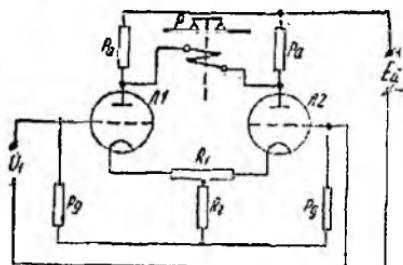
Лампанинг анод-тўр характеристикасидаги иш нуқтаси тўрнинг силжиш кучланиши манбай Е ёрдамида танланади; бунда лампанинг бошланғич анод токи I_a реленинг бўшатиш токидан кам бўлиши керак.

Лампанинг тўрига мусбат кучланиш берилганда унинг анод токи ортиши туфайли реле ишлади.

Бу схеманинг камчилиги бошланғич анод токи I_a нинг реле галтагидан ўтишидир. Тўрдаги манфий силжитишни орттириш

1. Контактли электрон релелар триоднинг анод занжирига электромагнит реленинг галтаги уланган электрон кучайтиргичдан иборат. Юклама сифатида электромагнит реленинг галтаги уланган триоди

ёрдамида, бу токни камайтириш мумкин, лекин бу реде сезирилгигининг камайишига олиб келади.



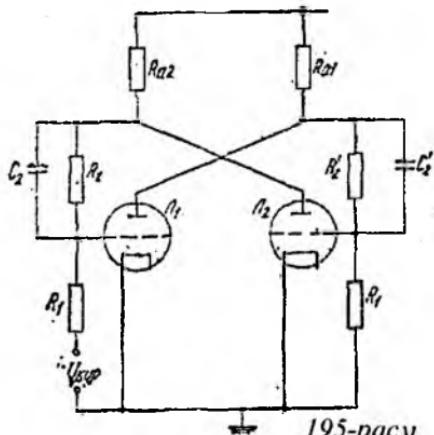
194-расм

токининг йифиндиси ҳисобига иккала лампа тўрларида манфий силжитиш вужудга келтиради. Схема потенциометр R_2 ёрдамида балансланади.

Лампаларнинг тўрларига кучланиш U берилганда бошқарувчи сигналнинг қутбига боғлиқ равишда лампаларнинг бири ўтказувчанро бўлиб қолади. Натижада кўприқда мувозанат бузилади, реле чулғами орқали ток ўтади ва реле ишга тушади.

Лампанинг кучайтириш коэффициенти қанча катта ва реленинг ишлаш токи қанчалик кам бўлса, реленинг сезирилиги шунча юқори бўлади.

Юқорида айтиб ўтилган релеларнинг ишлаш вақти электромагнит реле P нинг ишлаш вақтига боғлиқ, чунки электрон лампалар амалда инерцияга эга эмас. Лампанинг ички қаршилиги R_1 электромагнит вақт доимийсини камайтиради, чунки у қўшимча актив қаршилик вазифасини бажаради, яъни



195-расм

Электрон реленинг 194-расмдаги кўприк схемаси бирмунча мукаммалроқдир. Кўприкнинг елкалари иккита бир хил триоддан ва қаршилиги бир хил бўлган иккита анод қаршилиги R_1 дан иборат. Реле P нинг чулғами ҳам лампаларнинг анодига уланган. Катод занжирига R_1 қаршиликлар уланган; бу қаршилик ўзидан ўтаётган анод

$$\tau = \frac{L}{R_2 + R_1},$$

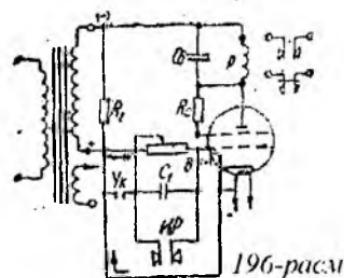
бу ерда L – фалтакнинг индуктивлиги; R_2 – потенциометр қаршилиги; R_1 – лампанинг ички қаршилиги.

2. Контактсиз электрон релелар мусбат тескари боғланышли схемадан иборат бўлиб, улар триггерлар деб аталади. Контактсиз реле сифатида ишлатиладиган триггернинг схемаси 195-расмда кўрсатилган.

Ламналардан бирининг аноидан олинган чиқини күчлапиниши U_a түғри бурчакли мусбат ва манфий импульслар шаклита эга; бу импульсларниң давомийлиги бошқарувчи сигналлар орасидаги вақтта төнг.

Контактсиз электрон релеларининг ишлеші вақти зекеңдерлердегі лампа катодидан аподига учып боршынан шаклита жана параметрлари (индуктивилити ва симималар)нинг катталыклари билан аниқланады.

Ламналарниң хизмат мүддати чеккелнешілгі (1000-2000 соат), апод күчлапини маңбаининг зарурлығы ва лампа катодларини қыздырып учун құвватынан дәймө сарфлаппап туриши электрон релеларниң камчилыктары ҳисобланады.



ЭЛЕКТРОН ВАҚТ РЕЛЕСИ (196-расм). Ламналардан U_k контакт очық бўлса, ламналар конденсатор C_1 ни зарядловчи тўр токи ўтади ва тўрда манфий потенциал шайдо бўлади. В шуккадаги күчланиши манфий бўлган шайтларда конденсатор зарядланади. Апод ва катодлариниң потенциаллари ўзаро төнг бўлгани учун аподдан ток ўтга олмайди.

U_k контакт уланган шайтда аподиниң потенциали манфий бўлади, лекин конденсатор C_1 зарядсизланмагунча ва тўр потенциали орнагунча реле R дан ток ўтга олмайди. Конденсатор C_1 зарядсизланганда сўнггина реле R ишлайди.

Маълумки, конденсаторнинг зарядсизланиш сезлигиги контурниң секундлар ҳисобида ўлчанадиган вақт константаси $\tau = RC$ билан аниқланади.

Шундай қилиб, τ катта бўлса, реле R дарҳол ишламайди, балки зарядсизлананинан вақти ўтгандан кейингина ишлайди. Демак, электромагнит реле R инди очық контакт бир оз вақтдан сўнг уланади, ёпиқ контакт оса бир оз вақтдан сўнг узилади.

9.11. ЭЛЕКТР САҚЛАГИЧЛАР

Электр занжирда қисқа туташув ёки ўтга юкланиши бўлса уни автоматик равинида бир мағта узиш учун хизмат қилаадиган асбоб сақлагиич деб аталади. Занжирни сақлагиич воситасида узиш эрувчан қуйманынан орниши орқали амалга ошиади, бу

эрувчан қўйма ўзидап мұхофазаланмаган занжирпинг токи ўтганда қизиб эриди. Занжир узилғандан сүнг эрувчан қўйма қўлда алмантирилиши лозим.

Тузилишининг соддалиги ва арzonлиги сабабли эрувчан сақлагичлар сапоғат электроуставовкаларида, электростанциялар ва подстанцияларда, турмушда кене қўлланилади. Сақлагичлар тўрли конструкцияларга эга бўлиши мумкин ва миллиампердан минглаб амперларгача токларга мўлжалланган. Ҳамма сақлагичларда асосий элементлар бўлиб: корпус, эрувчан қўйма, контакт қисм, ёй сўндирувчи қурилма ёки ёй сўндирувчи мұхит ҳисобланади.

Сақлагичлар эрувчан қўйманинг поминал токи билан, эрувчан қўйма узоқ ишланиши учун ҳисобланган ток билан характерланади. Сақлагичларнинг биргина корпусига турли поминал токларга мўлжалланган эрувчан қўймалар ўринатилиши мумкин. Нормал режимда юклама токи таъсирида эрувчан қўймадан ажрататсан иссиқлик атроф-мұхитта тарқалади ва сақлагичнинг ҳамма қисмларининг температураси рухсат этилгандан ошмайди. Ўта юклани ва қисқа тугашувларда қўйма тэмператураси ортиб, унинг эринига олиб келади. Демак, ток қашчалик катта бўлса, қўйманинг эрин вақти шунчалик кичик бўлади.

Сақлагич ишлай бошланидаги минимал ток-чегара ток - 1 деб юритилади. Текшириппларда сақлагич қўймасининг эрин вақти 1 соатдан ошгандаги ток чегара ток деб қабул қилинади. Эрувчан қўйманинг поминал токи шундай ташланадики, бунда нормал режимда ва қисқа рухсат этиладиган ўта юкланишларда узин содир бўлмай, балки узоқ ўта юкланишларда занжир мумкин қадар тез узилиши лозим.

Эрувчан қўйма – сақлагичнинг асосий элементи бўлиб, мис, рух, қўрғошин ва кумушдан тайёрланishi мумкин. Рух ва қўрғошиннинг эриш температураси кичик. Рух коррозияга чидамли, шунинг учун эрувчан қўйманинг кесими ишлатиш вақтида ўзгармайди. Бироқ мустаҳкам оксид плёнка туфайли қўйма эриганда бузилмайди, суюқ металл плёнка ичида сақланади. Бу эса йечи нинг кенг чегараларда ўзгаришига олиб келади. Рух ва қўрғошиннинг солиширима қарнилиги катта, шунинг учун улардан тайёрланган эрувчан қўймалар катта кесимга эга. Бундай қўймаларнинг сақлагичларда тўлдиргичларсиз ишлатиш мумкин. Рух ва қўрғошидан қилинган

құймали сақлагичлар ўға юклаппапда катта тутиб түриш вақтіга әга.

Мис ва кумуш кичик солиширма қаршилиққа әга бўлиб, құйманинг кесими катта эмас, бу уларнинг тез ишлаб кетиши үшін таъминлады. Бундай құймалар эрийдиган металлнинг ҳажмиңін камайтириши мүмкін бўлган тўлдиргичли сақлагичларда қўлланилади. Ишлатиш жараёнида оксидланишини камайтириш учун устига қалай суви юритилган мис құймалар қўлланилади.

Саноатда ПР, НПН, НПР типидаги эрувчан сақлагичлар ишлаб чиқарилмоқда. Кейинги пайтда уларни ўринини автоматик сақлагичлар олмоқда. Сақлагиччини патрони ва эрувчан құймаси аниқ номинал токка мўлжалланган, сақлагич танлашда шу номинал токка зытибор берилади.

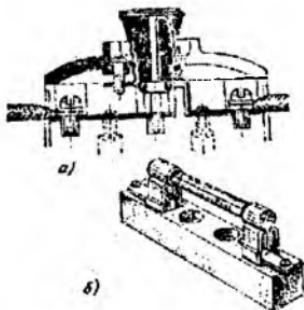
Эрувчан сақлагичлар узоқ вақт номинал ток ўтиб турғанида электр истеъмолчиликтерининг нормал ишлешини ва уларда қисқа тутапнув бўлганда ҳамда юклама ортиб кеттанды уларнинг тезде узилишини таъминлаши керак. Шунинг учун сақлагичлар қуийдагиларга зытибор берилади.

Эрувчан құйманинг номинал токи $I_{куй} \geq I_n$ талабга жавоб берип керак, бунда I_n – занжирнинг ҳимоя қилинган қисмидаги номинал ток.

Эрувчан құйманинг номинал токи $I_{куй}$ билан электр истеъмолчиликтерини юргизиш токи нисбати

$$I_{куй} \geq \frac{I_{ю}}{2,5}$$

шартни қапоатлантириши керак, бунда $I_{ю}$ – юргизиш токи.



197-расм

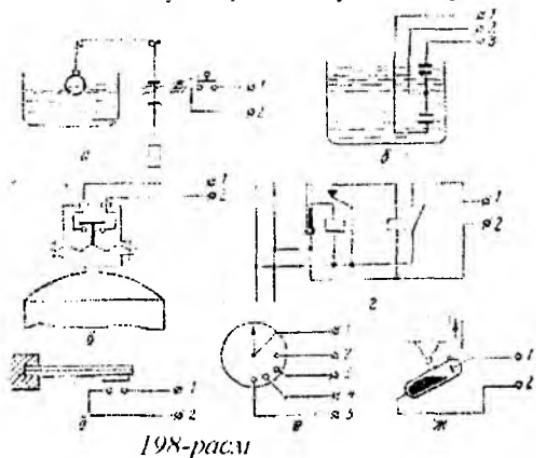
а – пробкали, б – шиша пайчали, в – автоматик сақлагич.

9.12. ТЕХНОЛОГИК ДАТЧИКЛАР

Магнитавий ишга түширгичлар, контакторлар ёки автоматлаштирилган бөшқа апаратлар технологик датчиклар билан уланади ва узилади. Датчик – автоматик құраланыш кириш қысмасы, сезгір элементті бўлиб, у контрол қилиладан каталил (температура, босим, өргөлік кучи ва бошқалар) таъсирини қабул қилаади. Электр қурилмаларда электр двигателю иситиш асбоби ёки өргөлік манбаи иш элементті бўлиб хизмат қилаади. Схеманинг иш элементті ижро элементті билан уланади ва узилади. Ижро элементті сифатида күпинча магнитавий ишга түширгич ёки контактордан фойдаланилади.

Ижро элементини бошқарни замжирига технологик датчик киритилади. У технологик жараёнын боришига қараб бу замжирин туташтиради ёки узади. Жараёнын характеристига қараб датчиклар контакт соат; контакт манометр, сочиувчан материаллар сатхи датчиғи, марказдан қочма тезлик релеси ва бошқалар бўлинин мумкин. Агар датчик контактларининг қуввати етарили бўлмаса, улар билан ижро элементті орасида оралиқ реле уланади.

Датчиклар билан суюқлик сатхи (сув насослари) атроф мұхитининг температурасы ва намаги, электр қурилмаларининг улапини ва узилиши орасида ўтаётган вақт оралиғининг тенглиги, бункерлердин түлини дәражаси кузатиб турилади.



Сув насослариниң автоматлаштиришінде турли хил сатх датчиклари исплатилади. Уларниң энг соддаси қалқовучли реледир (198-расм, а). Сузгич сув босим бакида сув сатхини бошқаради. Берилган настки сатхга еткенде посанги ричагни буради, бу ричаг контакт 1 ва 2 ни туташтиради ва магнитавий ишга түширгич насос агрегатини улади. Юқори сатхга еткенде контакт 1 ва 2 узилади ва магнитавий ишга түширгич насосни ўчиради.

198-расм, б да сатхни күрсатувчи контакт датчик ифодаланып. Ишлатында хавфсизликтин тұмшыллану учун датчикдеги күчлелерін 36 В таңа насыттырылған.

Хаво-сув қозонды миорасыз сув насосларда датчик сифатында босим релесідан фойдаланылады (198-расм, в). Қозонда сув сатхи насыттында мембранаға ҳавонинг босими камаяды, релесінде контакттар 1 ва 2 тұташады ва электр насос агрегаты уланады. Қозоннан түлишінде қараб үндеги босим ортады, мембрана билан болғанда шток күтарилады және контакттар 1 ва 2 үзилады.

Насослар, вентиляторлар және бөшкә қурилмаларни иштаушылықтың электрик двигателлерине тармоқлары фазаларини үзилишдан сақлаш лозим. Агар фазалардан бирида сақлагыч күйса, үнде үч фазали двигательнин ишлеңтән иккита чұлғами 26—50 % күнроқ поминал ток иsteммол қилаади. Натижада улардеги сақлагычлар күймасынан, двигатель эса қозини мүмкін. Фазаны бузилишдан сақлаш учун иссиқлик релесі күн ишлатылады. У ток 10—20% та орттанды магнитавий иштаушылықтың замжыридеги ғалтакни ажратынша сезлеңеді бұлади.

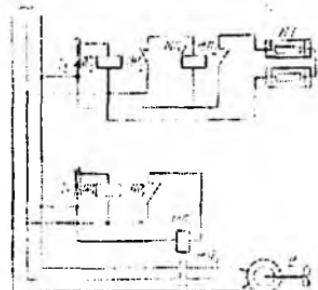
Электр исиптік қурилмаларни автоматик бөнкәриш схемаларында датчик сифатында контакт термометрлар (198-расм, г), манометрик терморегуляторлар, биметалл иссиқлик релесі (198-расм, д) және бөшкә датчиклар ишлатылады.



199-расм

Термометр канилляридеги симоб устуңча магнитавий иштаушылықтың токка чидап берілгенде үшіннен контакт симобы термометр (199-расм), одатта оралиқ реле билан бирга ишлатылады.

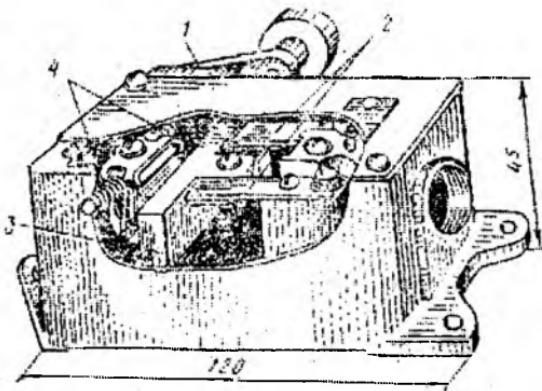
Температуралык берилгаш чегарада тұтыб туриш учун ишлатыладын бөнкәриш қурилмасының схемасы 200-расмда күрсатылған. Температура орттанды қыздырылған элементтегі НС үзилады, вентилятор В уланады. Бу қуйидегиче рүй береди: термометр Т дати симоб устуңчасы күтарилады, ғалтак ПР нине замжыри тутаңады және



200-расм

ғалтак магнитланади. Контакт ПР узилади ва ғалтак МП ни узади, натижада иситкичлар узилади. Бу билан бир вақтда термометр Т ғалтак ПР занжирини туташтиради, у эса ўз навбатида контакт ПР ни туташтиради ва вентиляторни уладиган ғалтак "Т" га кучланиш беради. Температура насайғанды термометр T_1 жа T_2 лардаги симоб устүплари насайды, контакт ПР туташади, ғалтак МП магнитланади ва занжир НЭ ни туташтиради, контакт ПР узилади, магнитавий ишга туширгич электр двигатель вентиляторини узади.

Яримүтказігіч материаллар ва қурилмалардан фойдаланиш күпгина жараёнларни автоматлаштиришда кенг имконияттар яратади. Насалан, фотоқаршиликлар асосида сигнализация асбоблари, ёритиш тармоқларини уланы ёки ёргөлік сигнал беруви бошқа асбобларни бошқарыш мүмкін. Фотоқаршиликлардан нарандалар асрайдиган хонани құшымча ёритиш шуниндең, энік ва дарвозаларни автоматик очиб ётпіндең фойдаланиш мүмкін.



201-расм

Энг оддий конструкциялы включателниң схемаси көлтирилган. Ричаг 1 ни босганды механизмни ҳаракатлантирувчи қисми ричаг билан бир ўқда шарнирли маңкамланған контакт күпrik 3 ни пастта буради ва контакт 2 ни узади. Бүшагандан кейин иккита пружина 4 таъсири остида ричаг дастлабки вазиятта қайтади.

Чизиқли ҳаракат құлувчи электр қурилмаларни автоматлаштиришда включателлар құлланилади. Улар ёрдамида электр қурилмалар үчирилади ёки тескари томонда ҳаракатлантирилади. 201-расмда ричаг типидаги

ТАКРОРЛАШ УЧУН САВОЛЛАР

1. Электрик юритма деб нимага айтилади?
2. Электрик юритманинг қандай турдаги механик характеристикалари бор?
3. Электр двигателдининг ишлашини бошқариши ва назорат қилиш учун түрли асбоблар (рубильниклар, контакторлар, электр ўлчов асбоблари ва бошқалар) ишлатилади. Мазкур асбоблар электр юритма таркибига кирадими?
4. Ишланш шароитларига кўра ҳимоялашган электр двигатель ўрнатса ҳам бўладиган куруқ, иситиладиган хонага мазкур турдаги двигатель йўқлиги сабабли ёниқ қилиб ишланган двигатель ўрнатилди. Бундай алмаштириш электр юритма ишида қандай камчиликларга сабаб бўлади?
5. Электр двигателни ташлашда бошқа кўрсаткичлар ҳаторида унинг ташқи ўлчамлари ва оғирлигини ҳисобга олиш керак. Нима учун ташқи ўлчамлар ва оғирлик электр двигателдинг иктиносидий кўрсаткичлари таркибига киришиман?
6. Нима учун юклама остидати электр занжирларини узишда узгичнинг контактлари орасида учқун пайдо бўлади?
7. Тиристорларининг қайси хоссаси улардан kontaktсиз узбулагичларининг схемаларида (релеларда) фойдаланиш имконини беради?
8. Бошқариш схемаларини тасвирлаш ёки ўқишида қуйидагича номланган реле kontaktларидан фойдаланилади: туташадиган; нормал туташган; нормал ажратилган; ажраладиган. Ушбу номларнинг ҳар бири қайси kontaktта мос келади?
9. Магнит ишга туширгичларининг схемаларида двигателини ўта юкланишлардан ҳимоялашнинг иккита тури (иссиқлик релеси ҳамда суюқланувчан сақдатичлар билан) кўзда тутилган. Нима учун электр двигателни ҳимоялашнинг ушбу икки тури зарур?

Х БОБ. АВТОМАТИКА ВА ТЕЛЕМЕХАНИКА АСОСЛАРИ

10.1. АВТОМАТИКА ҲАҚИДА ТУШУНЧА

Автоматика – фан ва техниканинг технологик жараёнларни инсон иштирокисиз бошқариш асослари ва назариясини ўз ичига олган соҳасидир. Ҳар қандай ишлаб чиқариш жараёни аввалдан белгиланган қонунлар асосида олиб борилади. Шундай қонунлар йиғиндиси функциялаш алгоритми деб юритилади. Бирор ишлаб чиқариш жараёнига халал берувчи ташки таъсирларни минимал даражага келтирадиган ва ишлаб чиқариш жараёнини маълум ҳолатда сақладиган ташки таъсирлар характеристини белгилайдиган қонунлар йиғиндиси бошқариш алгоритми деб аталади. Ишлаб чиқаришини бошқариш системаларида алгоритмга биноан уюштириладиган таъсирларни автоматик бошқариш қурилмаси ишлаб чиқади ва объектга йўналтиради. Автоматика фани ҳар қандай техник жараёнларни функциялаш шароитларини, бошқариш алгоритмларини ва уларга оид умумий қонунларни, автоматик системаларни синтез ва анализ қилиш усулларини ўз ичига олади. Автоматиканинг назарий муаммолари техник кибернетика масалаларига чамбарчас боғлиқ. Автоматикани инсон яратади ва у берган дастур асосида ишлайди. Автоматикани бошқарувчи операторлар уларни керакли режимга созлайди, юргизади, умуман назорат қиласи ҳамда зарур бўлган ҳолларда ремонт қиласи.

Ҳозирги кунда кўпгина ишлаб чиқариш корхоналарида автоматик-станок линиялари ишламоқда ва цехлар ҳамда заводларда тўлиқ автоматлаштиришга ўтиш амалга оширилмоқда.

Автоматлаштириш натижасида ақдий ва жисмоний меҳнат орасидаги фарқ баргараф қилинади, меҳнаткашларнинг ишлаб чиқариш жараёнларини амалга оширишдаги ижодий роли ортади, меҳнат унумдорлиги ортган ҳолда маҳсулот ташархи камаяди.

Замонавий автоматик қурилмалари автоматик тарзда назорат ва ҳимоя қилиши, автоматик бошқариши ҳамда ростланиши мумкин.

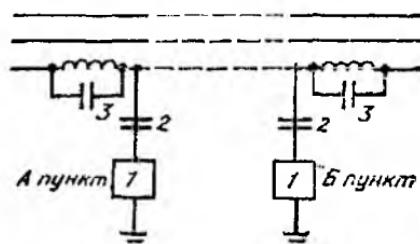
Автоматик қурилмалар қуийдаги асосий элементлардан ташкил топади: датчиклар, сигналларни масофадан туриб узатиш органлари, кучайтиргичлар, ижро қилувчи органдар ва бошқалар.

10.2. ТЕЛЕМЕХАНИКА ҲАҚИДА ТУШУНЧАЛАР

Телемеханика – ахборотларни масофадан туриб бошқариш ва назорат қилиш мақсадида уларни узатиш ҳамда қабул қилиш методларини ва техника воситаларини ишлаб чиқади.

Телемеханика фан ва техниканинг ахборотларни масофадан туриб узатиш билан бөлгүлөн соңалар (телефон, телеграф, телевидение ва ҳ. к.)дан ахборотларнинг жуда аниқлиги, телемеханика қурилмаларини автоматлаштириш даражасининг юқорилиги, ахборотларни ишлаб чиқаришининг марказлаштирилиши билан фарқ қиласи.

Телемеханик ахборотларни узатишда алоқа канали сифатида радиоканаллар, оптик, гидравлик ва акустик каналлар, электр узатиш линияларидан фойдаланилади.



202-расм радиотұлғындар линияси ёки

электр алоқа, яғни ұаво, телефон, телеграф, кабель линиялари, юқори волытлы электр узатиш линиялари ҳамда қабул қилиш қурилмасынан иборат болади.

202-расмда электр узатиш линиялари ва юқори частота алоқа аппаратурасыдан фойдаланиб, сигналдарни узоқ масофага узатиш схемаси күрсатылған. Қабул қилиш-узатиш қурилмаси 1 юқори частотали ток билан ишлайди. Электр узатиш линияси орқали узатилаёттән 50 Гц частотали ток қабул қилиш-узатиш қурилмасына тушмаслығы учун қурилма электр узатиш линиясига электр фильтрлар 2 орқали уланади. Конденсаторларни сиғими 50 Гц частотали токка кәттә қаршилик ва юқори частотали токка кам қаршилик күрсатадын қилиб танланади.

Узатилаёттән сигнал электр узатиш линияси бүйлаб А пунктінен чапта ва Б пунктінен үнгі тарқала олмайды, бунтага фильтрлар 3 түсқинилік қиласи.

Ҳозир телемеханика авиаацияда, космонавтикада, ракета техникасида, энергетика системасида ва электротехника саноатининг барча тармоқларида кенг қўлланилмоқда.

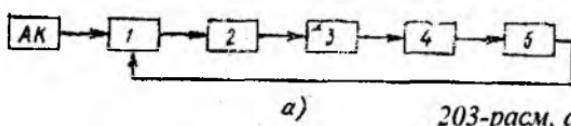
10.3. АВТОМАТИК НАЗОРАТ

Турли ишлаб чиқарип жараёнларини инсон иштирокисиз тартибга солиб туриш ва ёзib бориш учун автоматик хабарлар ўлчаш ва ростглаш асбобларини қўллаш автоматик назорат деб юритилади.

Автоматик назорат системалари инсоннинг бевосита иштирокисиз машиналар ва бошқа ишлаб чиқариш асбобларини кузатиб боради, технология жараёнларининг боришини ишлаб чиқарадиган маҳсулот миқдорини назорат қиласди, маҳсулот миқдорини ҳисобга олади.

Автоматик назорат қилиш одамни бир қатор чарчатадиган ишлардан озод қиласди, инсон бевосита ишлаши мумкин бўлмаган ёки хавфли бўлган шароитларда турли катталикларни ўлчашга имкон беради, назорат-ўлчаш ишларининг аниқлигини ҳамда тез бажарилишини таъминлашга имкон яратади.

Автоматик назорат тэхнологик жараён параметрларини ўзгаришига биноан электр машина ва асбобларнинг бошқариш ва тартибга солиш органларига тез ва аниқ таъсир этишини таъминловчи воситалардан биридир. Автоматик назоратда ўлчаш асбоблари кўрсатган назорат қилинаётган параметрларнинг қийматлари диаграммаларга ёзib борилади.



a)

203-расм, а

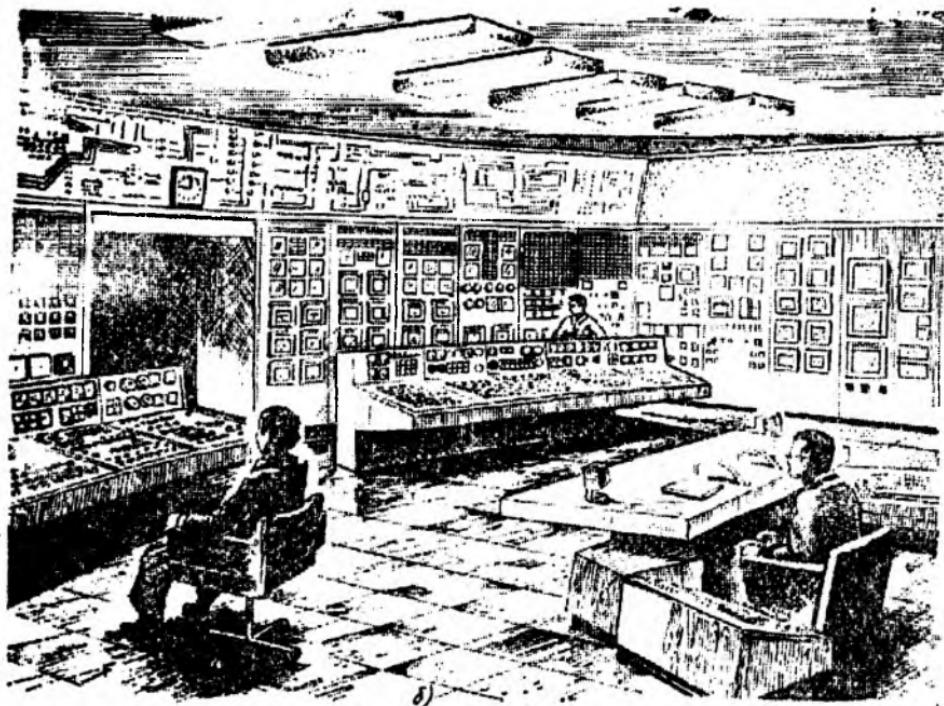
Автоматик назоратнинг структура схемаси 203-расм, а да тасвиirlанган.

АК – топшириқ берувчи қурилма 1 ўлчаш элементининг топшириқ берувчи ўқининг бурилиш бурчагини аниқлайди. Ўлчаш элементи олган таъсир ўзгартирувчи элемент 2 да ўзгартирилиб, ижро қилувчи элемент 3 га берилади. Ижро қилувчи элементдан таъсир ростловчи элемент 4 га ва ниҳоят, бошқарилувчи элемент 5 га улинг ишлаб бериш ўқи деб аталувчи ўқини буришга берилади.

Бошқарилувчи обьект 1 ўлчаш элементи билан боғланган, шунинг учун у ўз ўқининг бурилиш бурчагини топшириқ

Берувчи қурилманинг бурилиш бурчагига узлуксиз таққослаб түра олади.

Автоматик назорат системалари ўлчаш, ҳисоблаш, саралаш, сигнал бериш қурилмалари сифатида ишлатилади. Шунингдек, анализаторлар, дефектоскоплар, дозаторлар вазифасини ҳам бажаради.



203-расм, б

203-расм, б да электр энергиясини тақсимлашни автоматик назорат қилиш пункти тасвирланган.

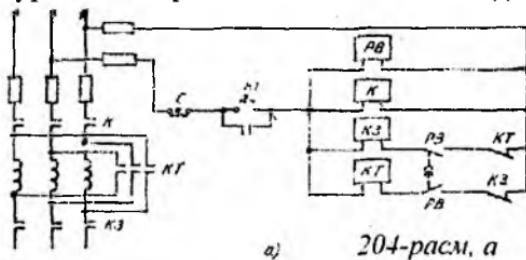
10.4. АВТОМАТИК БОШҚАРИШ

Автоматик бошқариш системаларини қуриш усуллари, иш режимлари ва системаларда бўлган жараёнлар қонуниятларини ўрганувчи соҳа автоматик бошқариш деб юритилади. Автоматик бошқариш бошқарилувчи обьект ва автоматик бошқарувчи қурилмалардан, яъни автоматик ростлагичдан иборат бўлади.

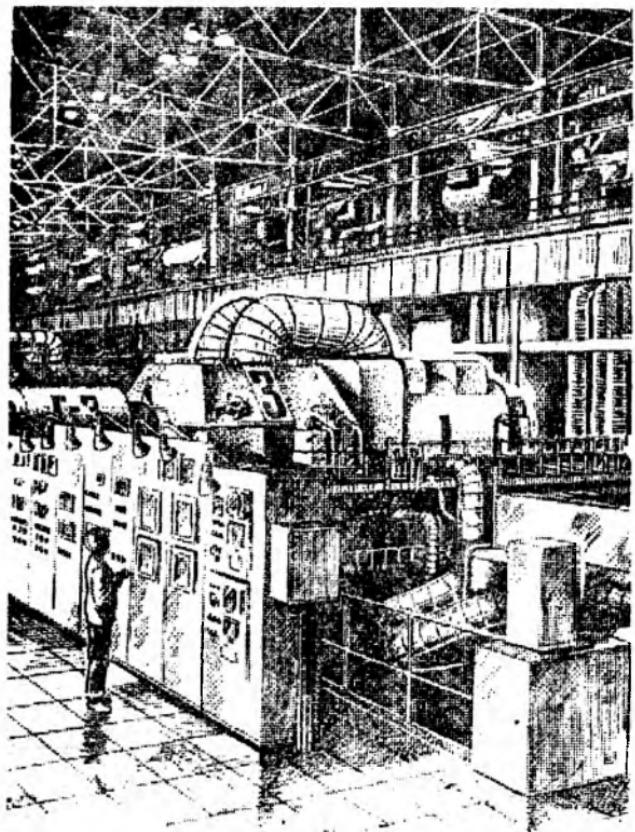
Бошқарилувчи объект ташқи құзғатувчи таъсирида үз характеристикаси ва қийматларини үзгартырувчи динамик система бўлиб хизмат қиласи. Бу система (объект)га электр двигатели, генератор, самолёт, электр печлар, буғ қозонлари, цех, завод ва бошқалар мисол бўлади. Объектнинг қийматлари ва характеристикасини берилган ҳолатда сақлаши ёки дастурга мувофиқ үзгартириси учун унга ташқи таъсир кўрсатилиди. Бу бошқарилувчи таъсир деб аталади. Автоматик бошқариш станок ёки агрегатларни қатый кетма-кетлиқда бошқаради ёки тўхтатади. Бунинг учун электр жиҳозларни автоматлаштириш зарур. Автоматлаштириш айниқса, уларнинг қисқа муддатли иш режимларида катта аҳамиятта эга. Масалан, бўйлама рандалаш станоклари ва прокат станлари электр юритмалари иш циклининг 30—40 % ини ўткинчи жараёнлар ташкил қиласи. Бундай иш машиналари учун автоматлаштирилган электр юритмадан фойдаланилса, электр моторини оптимал кўрсаткичлар асосида автоматик бошқариш натижасида ўткинчи жараёнлар учун кетадиган ваqt кескин камаяди, технологик жараённи такомиллаштиришга имкониятлар яратилади. Электр юритмани автоматлаштириш учун бошқариш асбоблари асосида тузилган бошқариш схемаларидан фойдаланилади.

Автоматик бошқаришда бошланғич буйруқ операторнинг кнопкасини босиши ёки буйруқ-назоратни берилган ҳолатта ўтказиш орқали берилади. Шундан кейин электр юритма белгиланган қонун асосида ишлай бошлайди.

Электр юритмаларни автоматик бошқариш учун очиқ ва берқ системалар асосида тузилган бошқариш схемаларидан фойдаланилади. Очиқ бошқариш системасида ток ёки юклама параметрлари үзгартырилиб қўйилади. Бундай ҳолатда электр система янги кўрсаткичлар билан, берқ бошқариш системасида эса тескари алоқа занжирни борлиги туфайли доимо берилган кўрсаткичлар билан ишлай бошлайди.



204-расм, а да электр двигателларини автоматик бошқариш схемаси, 204-расм, б да эса ишлаб чиқариш корхонасида агрегатларни автоматик бошқариш пункти тасвириланган.



204-расм, б

ди. КЗ ғалтак занжиридаги РВ контактлари эса узилади. Сүнгра ток К ва КТ ғалтаклардан ўтади, статор чулғамларипи учбурчак усулида улайдиган КТ контактлари туташади.

Масалан, күттарма-транспорт қурилмалари электр юритмасининг ишлашида унинг электр двигателлари автоматик тұхтатылади.

10.5. АВТОМАТИК РОСТЛАШ

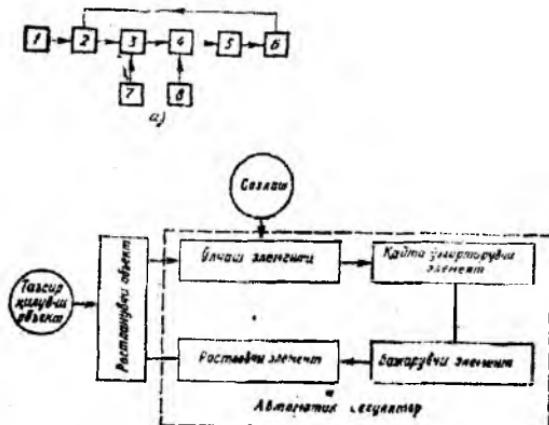
Автоматик ростлаш системалари ишлаб чиқариш объектлари ёки технологик жараёнларнинг керакли иш режимини, масалан, берилған тезлик, температура, кучланиш, суюқлик сатқы

ло кнопкаси босылғанда К ва КТ ғалтаги ҳамда РВ вақт релеси чулғамидан ток ўтади. Бир вақтнинг ўзида КТ ғалтак занжиридаги КЗ контактлар ишга тушиши натижасида куч занжиридаги бош контактлар К статор чулғамларипи юлдуз усулида улайдиган блок-контактлар К ҳамда КЗ контактлар, белгиланған вақтдан кейин вақт релеси РВ ишлай бошлайды ва унинг КТ ғалтак занжиридаги РВ контактлари уланади.

ва ҳоказоларни инсоннинг бевосита иштирокисиз таъминлай олади.

Ростланиши лозим бўлган машина, асбоб ёки жараёнлар ростланувчи обьект дейилади. Ўзгармас ҳолда сақланадиган ёки аниқ қонунга мувофиқ ўзгартириладиган физик катталик ростланувчи параметр деб юритилади.

Масалан, электр двигатели ростланувчи обьект, унинг валининг айланиш тезлиги эса ростланувчи параметр бўла олади. Ростланувчи параметрни ўзгартирувчи ташқи таъсир қўзгатувчи таъсир дейилади.



205-расм, а, б

205-расм, а да автоматик ростлаш системасининг блок-схемаси берилган (1 – таъсир қиливчи обьект, 2 – ростланувчи обьект, 3 – улаш элементи, 4 – ўзгартирувчи элемент, 5 – ижро қиливчи орган, 6 – ростловчи элемент, 7 – ўлчаш элементининг созлаш қурилмаси, 8 – кучайтиргич).

Қўзгатувчи таъсир натижасида ростланувчи параметр берилган қийматдан ўзгарилиши мумкин. Оғиш ҳақидаги сигнал ростланаётган обьектдан ўлчаш элементига узатилади. Ўлчаш элементи олинган сигнални аввалдан берилган параметр билан солишириди ва ўзгартириси элементига тегишли сигнал юборади. Ўзгарувчан элемент қабул қилинган сигнални зарур бўлган ҳолда кучайтириб, уни ўзгартирадиган ва ижро қиливчи органга юборади. Ижро қиливчи орган ростловчи элементни ҳаракатга келтириди, ростловчи элемент ростланувчи обьектта таъсир қилиб, ростловчи параметр берилган параметрга мослаштирилади. Шундай қилиб, автоматик ростлаш қурилмаси берк автоматик система бўлади.

Ҳозирги кунда автоматик ростлаш кўпчилик ишлаб чиқариш ва технологик жараёнларни амалга оширишда: электр

станцияларида, электр тармоқлари, транспорт машиналари, авиация, космик кемаларда фойдаланилмоқда. 205-расм, б да автоматик ростлаш системасининг структура схемаси тасвирланган.

10.6. ТЕЛЕМЕХАНИКА СТРУКТУРАСИ

Бошқариш пунктлари күпинча бошқариш ёки назорат қилиш обьектларидан узоқда бўлади. Корхона нисбатан катта бўлмаган ҳудудни эгаллаган бўлса, обьектлар билан бошқариш пунктлари орасидаги масофа бир неча юз метрдан ортмайди. Бундай ҳолда бошқариш пунктлари билан обьектлар орасида заводдаги ички тармоқларнинг симларидан фойдаланиб алоқа ўрнатиш осон. Масофа узоқ бўлганда бундай алоқа қимматта тушади ва сигналнинг тўлиқ узатилишини таъминламайди. Телемеханика системалари эса алоқа линияси таннархини пасайтиришга ва сигналларни тўла узатишга имкон беради.

Телемеханика структураси қўйидагича: узатувчи ва қабул қилувчи қурилмалар ҳамда бу қурилмалар орасидаги алоқа линиясидан иборат бўлиб, бу линиялар орқали телемеханика сигналлари узоққа узатилади. Сигналлар ҳаво ҳамда кабель, телефон линиялар орқали, юқори волтли узатиш линиялари орқали, қисқа ва ультрақисқа тўлқинлар орқали узатилади.

Кўп ҳолларда алоқа линиясида узатишни айни бир вақтда бир неча узатувчи қурилмаларнинг сигналларини узатишга имкон берадиган қилиб зичлаштириш, яъни алоқа линиясида бир неча узатиш каналларини вужудга келтириш керак бўлади.

ТАҚРОРЛАШ УЧУН САВОЛЛАР

1. Автоматика деб нимага айтилади ва автоматик қурилмаларнинг қандай асосий элементлари бор?
2. Телемеханика нима ва унга фан ва техниканинг қандай соҳалари киради?
3. Автоматик системанинг асосий элементларини кўрсатинг.
4. Датчик нима ва қандай мақсадларда қўлланилади?
5. Турли ишлаб чиқариш жараёнларини инсон интирокисиз тартибга солиб туриш ва ёзиб бориш учун автоматик назоратда қандай турдаги қурилмалар қўлланилади?
6. Автоматик ростлаш системасининг блок схемасини чизинг ва уни ташкил этувчи элементларни тушунтиринг.

XI БОБ. ЭЛЕКТРОНИКА АСОСЛАРИ

11.1. АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР

Саноаттинг ҳамма тармоқларида ишлаб чиқариш жараёнларининг автоматлаштириш муносабати билан электрон, ион асбоблар ва ярим ўтказгичли қурилмаларнинг техникага татбиқи ҳақида фаннинг тез тараққий қилаёттан соҳаси – саноат электроникаси ва радиоэлектроника фанлари катта аҳамият касб қила бошлади.

Электроника вакуумда, газларда ва ярим ўтказгичлардаги электр токи ҳодисасига асосланган асбобларнинг ишлаш жараёнини, бу асбобларнинг тузилишини ва ишлашини ўрганади. Бу асбоблар асосан түрт гурұхға: электрон – вакуум асбоблар, ион асбоблар, ярим ўтказгичли ва фотоэлектрои асбобларга бүлинади.

Электрон асбобларнинг асосий хоссалари шундан иборатки, уларда ҳосил бўладиган ток электронларнинг вакуумда ҳаракати билан боғлиқ бўлиб, бу ҳаракат электронларни электр майдонини бошқаради.

Ион асбоблардаги ток жуда сийрак газ муҳитида кучли электр майдони таъсири остида ҳаракатланаётган электронлар ва зарядли заррачалар – ионлар оқимидан иборат.

Ярим ўтказгичли асбоблардаги ток ярим ўтказгичли муҳит бўйлаб электр майдони таъсирида силжийдиган электронлар ва «тешиклар» томонидан ҳосил қилинади.

Электрон ва ион асбобларнинг электрон эмиссиясидан фойдаланишга асосланган иши металлар сиртидан электронларнинг чиқиши ва зарядданган заррачаларнинг – электрон ва ионларнинг вакуумда ёки сийрак газ муҳитида ҳаракат қилишидан иборатdir. Булар орасида энг кўп тарқалганлари термоэлектрон эмиссия, иккиласми электрон эмиссия ва фотоэлектрон эмиссиялардир.

Металларда ҳар бир атом атрофида у билан заиф боғланган электронлар бўлади. Бу электронларнинг ўз ядроларидан ажралган бир қисми тартибсиз ҳаракат қиласи. Бу эркин электронларнинг тартибсиз ҳаракат тезликлари металлнинг температурасига боғлиқ бўлиб, температура қанча юқори бўлса, улар шунча тез ҳаракатланади.

Температуранинг маълум қиймати ($900 - 1000^{\circ}\text{C}$)да бир ҳисм электронлар тезлиги шундай даражага эришади, улар атом ядроларининг тортиш кучларини енгиб, металдан ажралади ва металл сиртига учуб чиқади. Бу ҳодиса термоэлектрон эмиссия деб аталади.

Ҳар хил металдан бир хил температураларда ажралиб чиқсан электронлар миқдори ҳар хил бўлади. Термоэлектрон эмиссияси энг катта бўлган металлар натрий, калий, цезий, барий ва бошқалар.

Жуда катта температураларда металл буглана бошлайди, металлнинг бугланиши температурани ошириш йўли билан термоэлектрон эмиссияни ошириш имкониятини чеклаб қўяди.

Агар вакуумда электронлар учуб чиқувчи электроддан маълум бир масофада металл пластинка жойлаштирилиб, унга маълум мусбат потенциал берилса, унда электроддан учуб чиқаётган электронлар бу пластинкага тортилиб, унга катта тезлик билан келиб урилади. Катта тезлик билан келаётган электронларнинг бу пластинкага урилиш пайтидаги зарбаси таъсирида пластинкадан иккиласми электрон эмиссия деб аталган электронлар учуб чиқарилади.

Иккиласми эмиссия хилларидан бири - массаси электрон массасидан анча катта бўлган электр заряди заррачалар - ионлар таъсирида юз берадиган электронлар эмиссиясидир.

Материал сиртини ионлар билан бомбардимон қилганда учуб чиқсан электронлардан ион асбоблари ишида фойдаланилади.

Фотоэлектрон эмиссия металлар сиртига тушган ёруғлик, ультрабинафша ва бошқа нурлар таъсири остида юз беради.

Ёруғлик оқимини фотон деб аталган жуда майда заррачаларнинг оқими деб қарашиб мумкин.

Фотонларнинг ҳаракат тезлиги 300000 км/сек. га тенг. Фотонлар материал сиртига урилиб, ундан электронларни уриб чиқаради.

Ёруғлик энергияси таъсирида материалдан электронларнинг уриб чиқарилиш ҳодисаси фотоэффект дейилади. Фотоэлементлар ишида бу ҳодисадан фойдаланилади.

11.2. ИККИ ЭЛЕКТРОДЛИ ЭЛЕКТРОН ЛАМПА



206-расм

Икки электродли электрон лампа - иккита металл электродди бўлиб, металл, керамик ёки шиша балондан иборат (206-207-расмлар) бўлади.

Баллонда вакуум ҳосил қилинади. Лампанинг электр ўтказувчанлигини таъминлайдиган электронлар катоддан уни юқори температурагача қиздирганда ажралиб чиқади. Катод

батареядан ёки трансформатордан ток берилганда қизийди.

Қизиган металлдан электронларнинг чиқиш жараёни термоэлектрон эмиссия деб аталади.

Бундан ташқари, интенсив электр майдони билан ҳам катоддан электронлар чиқариш мумкин. Металлдан электронларни уриб чиқаришга қодир бўлган майдоннинг кучланганлиги 1 см^2 га бир неча миллион вольтдан тўғри келади. Бироқ, майдон кучланганлиги нисбатан кичик бўлганда ҳам бирмунча автоэлектрон эмиссия бўлади.

Эмиссиянинг барча турлари бир неча хил электрон асбобларда қўлланилади, бироқ бошқарилиши энг қулай бўлган термоэлектрон эмиссиядан кенг фойдаланилади.

Лампа катодини ток манбанинг манфий қутбига, анодини эса мусбат қутбига улаб, яъни лампага анод кучланиши деб аталган кучланиш бериб, лампа электродлари орасида электр майдон ҳосил қилиш мумкин. Бу майдон таъсирида электронлар катоддан анодга қараб йўналади ва анод тики ҳосил бўлади. Бу токнинг йўналиши, ўтказгичлардаги сингари, электронларнинг ҳаракат йўналишига қарама-қарши бўлади.

Катод яқинида жойлашган электронларга анод кучланиши ҳосил қўлган майдон кучларидан ташқари, анод яқинида турган электрод ҳосил қўлган қарама-қарши йўналишдаги кучлар ҳам таъсир қиласди. Натижада катод яқинида электронлар тормозланади ва улар тўпланиб, электронларнинг катоддан учиб чиқшига ва анодга қараб ҳаракатланишига қаршилик қилувчи каттагина манфий заряд ҳосил қиласди.

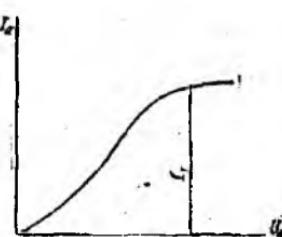
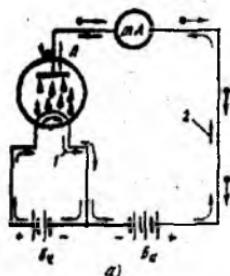
Диоднинг нўрмал ишланини таъминлаш учун чўгланиш толасини (катодни) қиздириш ва анодга лампанинг катодидагига



207-расм

Мусбатан мұсбат күчланиш бериш керак. Чүгланиш толасини штадириш мақсадида алоқида таъминлаш манбаларидан: Сөзереядан фойдаланилади.

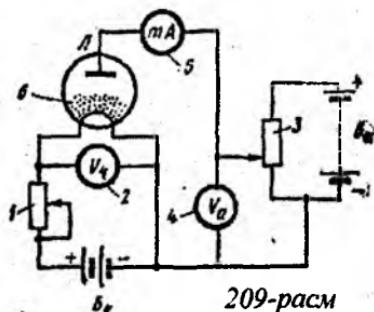
Чүгланиш толаси батареяси лампанинг чүгланиш толасига керак бўлган U_A күчланиши ҳосил қилиш учун хизмат қиласди. Чүгланиш толаси учларидағи потенциаллар фарқи чүгланиш толаси күчланиши дейилади.



208-расм, а, б

па бир-биридан ажратилган иккита чүгланиш толаси занжири 1 (208-расм, а) ва анод занжири 2 га эга. Чүгланиш толаси занжири чүгланиш толаси, уловчи симлардан ва таъминлаш манбай B_v дан тузилади. Анод занжири анод ва катод оралығи, уловчи симлар ва анод күчланиш манбай B_a дан тузилади.

Агар иккала занжир уланса, катод үзидан электронларни чиқара бошлайди, бу электронлар мусбат зарядланган анодга тортилиб, анод занжирда ток ҳосил қиласди. Анод занжирдан ўтадиган ток анод токи I_a дейилади. Агар анод батареясининг уланиш қутблари ўрни алмаштирилса, яъни анодга манфий күчланиш берилса, катоддан учеби чиқкан электронлар яна катодда қайтиб тушади, натижада I_a токи нолга teng бўлиб қолади.



209-расм

Олинган натижаларга асосланаб, диод электронларни фақат катоддан анодга томон ўтказишга, яъни бир томонлама ўтказиш қобилиятига эга, деган холоса чиқариш мумкин. Шартли равища токнинг йўналиши электронларнинг ҳаракат йўналишига тескари бўлади, деб олинади.

Вольтметр 2 га қараб (209-расм)

шу лампанинг чүрланиш толасига керакли күчланиш берилади. Ўзгарувчан резистор З ёрдамида анодга бериладиган мусбат күчланишни нолдан бошлаб аста-секин таъминлаш манбанинг тўла күчланишигача ошириб борилади. Анод күчланишининг қийматига мос келувчи анод токи I_a нинг ҳиймати миллиамперметр 5 нинг кўрсатишига қараб ёзib борилади.

Лампанинг волт-ампер характеристикаси (208-расм, б) горизонтал ўқ бўйича анод күчланишнинг қийматларини вертикал ўқ бўйича эса шу күчланишларга мос келадиган анод токи қийматларини қўйиб чиқисла, анод токи I_a нинг анод күчланиши U_a га қандай боғлиқлигини кўрсатувчи эгри чизик ҳосил бўлади. Анод токи қийматининг анод күчланишига боғлиқлигини кўрсатувчи эгри чизик лампанинг анод характеристикаси дейилади.

Анодга күчланиш берилмаса, яъни $U_a=0$ бўлганда анод ўзига электронларни тортмайди, натижада I_a нолга тенг бўлади. Анодга мусбат анод күчланиши берилганда анод токи ҳосил бўлади.

Анод күчланиши U_a нинг ортиши анод токи I_a нинг фақат маълум бир катталиkkача – тўйиниши токигача (кучланишга боғлиқ бўлмаган ток тўйиниши токи деб юритилади) ортишига олиб келади (208-расм, б).

Икки электродли дампалар, кўпинча, ўзгарувчан токни тўғрилашда ишлатилади. Саноат частотасидаги токни тўғрилашда ишлатиладиган лампа кенотрон дейилади.

11.3. КЕНОТРОН ТЎҒРИЛАГИЧЛАР

Кенотрон тўғрилагичлар ўзгарувчан токни ўзгармас токка айлантириш учун хизмат қиласди.

Кенотронли тўғрилагичларни ишлатишда қуйидаги асосий қоидаларга риоя қилиш керак:

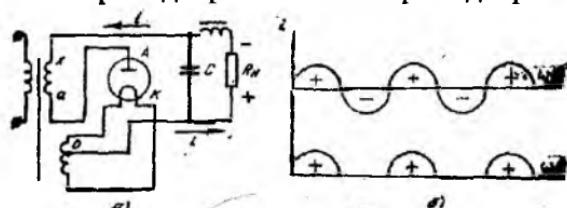
- қисқа тулашув режимига йўл қўймаслик;
- салт ишлаш режимига йўл қўймаслик;
- ортиқча юкламада ишлашига йўл қўймаслик;
- кенотронни яхши чўғлантирмай ишлатишга йўл қўймаслик;
- ўзгармас ток манбаига уламаслик;
- ортиқча күчланишли манбага уламаслик;

— сақлагичлар ўрнига йўғон сим қўймаслик керак. Қичқа туташувли режими аварияли режим ҳисобланади. У фильтрнинг конденсатори (C_1 ёки C_2) тешилганда ёки юкламада қисқа туташув бўлганда ҳосил бўлади.

Қисқа туташув режимидаги кенотроннинг анодлари қизиб кетади, катоддан учқунлар отилиб чиқади, ионизация пайдо бўлади ва куч трансформатори гувиллаб товуш чиқаради.

Одатда қисқа туташув режими рўй берганда сақлагич куяди. Стандарт сақлагич ишлатилмаган бўлса, дроссель куч трансформатори кувиши ёки кенотрон ишдан чиқиши мумкин.

Схеманинг тузилишига кўра кенотронли тўғрилагичлар битта ярим даврли ва икки ярим даврли бўлади.



210-расм, а, б

нинг битта учи анодга, иккинчи учи эса энергия истеъмолчиси орқали накал трансформатори иккиламчи чулғамининг ўрта нуқтаси 0 га уланган.

Лампа токни бир томонлама ўтказганлиги учун АКО + – хаА занжирдаги і ток трансформатор иккиламчи кучланиши $U_{ах}$ лампанинг аноди катодга нисбатан мусбат нотенциалга эга бўла оладиган ярим давр давомида ўтади. Демак, R_H юкламадан Т даврнинг битта ярмида ток ўтади.

Иккинчи ярим давр давомида анод занжирда ток бўлмайди, чунки лампа фақат токни бир томонлама ўтказади. Шундай қилиб, занжирдан ток битта ярим давр давомида ўтади (210-расм, б).

Истеъмолчида кичик пульсацияли тўғрилашсан ін ток ҳосил қилиш учун истеъмолчига параллел қилиб С конденсатор уланади. Даврнинг биринчи ярмида трансформатор иккиламчи чулғамидаги кучланиш нолдан максимал қийматтагача ортган биринчи чораги давомида конденсатор истеъмолчи қаршилиги орқали разрядланади, унинг натижасида бутун давр давомида истеъмолчи орқали ток узлуксиз ўтиб туради, бунда токнинг пульсацияси камаяди.

Ўзгарувчан токни битта ярим даврли тўғрилаш схемаси 210-расм, а да кўрсатилган.

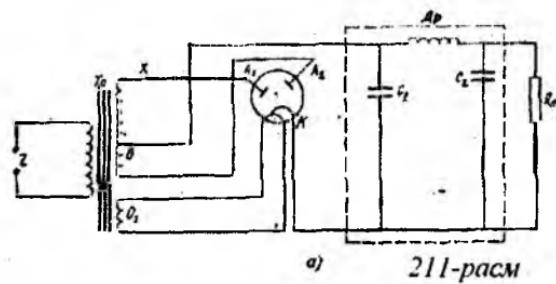
Трансформатор иккиламчи чулғами-

энергия истеъмолчиси

Ток пульсациясини текислаш учун конденсатор ўрнига истеъмолчи билан кетма-кет уланган реактив галтак (дросель) дан фойдаланиш ҳам мумкин.

Электр занжирида ток ортаёттанды галтак магнит майдонининг энергияси ҳам ортади. Ток ўзининг максимумидан ўтиб, камая бошлаганды ўзиндукция электр юритувчи кучи таъсирида худди шу йўналишда ток ҳосил бўлади. Демак, реактив галтак ҳам юклама занжиридаги пульсацияланган токнинг камайишига ёрдам беради.

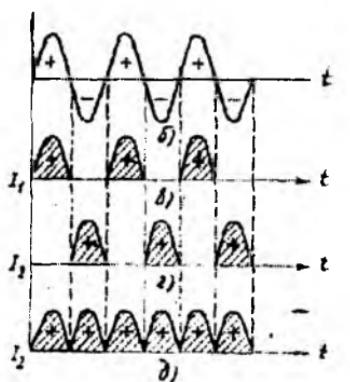
Амалда пульсацияси тўғриланган ток ҳосил қилиш учун галтак ва икки конденсатордан иборат текислаш фильтри ишлатилиди.



211-расм

қисқичларига уланган, бу чулғамнинг ўрга нуқтаси 0 занжирнинг қисқичи ҳисобланади.

Кенотрон катоди трансформаторнинг учинчи чулғамидан ток олади, бу чулғамнинг ўрга нуқтаси 0 занжирнинг мусбат қисқичи ҳисобланади. У кучланишнинг битта ярим даври давомида і ток истеъмолчига, А₁ анод орқали ўтади. Иккинчи ярим даврда эса А анод орқали ўтади.



211-расм, б, в, г, д

211-расм, а да кенотрон ёрдамида (икки аноди битта кенотрон) иккита ярим даврли тўғрилаш схемаси кўрсатилган. Расмда кенотроннинг анодлари трансформатор иккиласми чулғами

211-расм, б да иккита ярим даврли тўғриланган ток тасвирланган.

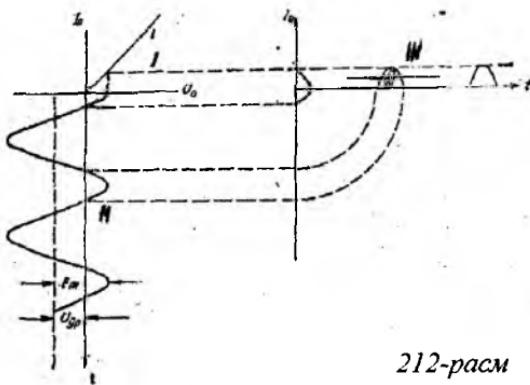
Тўғриланган ток фильтр ёрдамида текисланади. Фильтрнинг ишлатилиши истеъмолчида ўзгармас і ток ҳосил қилишга имкон беради.

Фильтрнинг ишини тушуниш учун фильтр юкламани шунгловчи битта конденсатордан иборат бўлган энг содда ҳолни кўрайлик. Маълумки, кенотрондан ток ўтаёттанды вақтда конденсатор зарядланади, қолган

Мақтада конденсатор юклама орқали зарядланади: бунинг натижасида конденсатор бўлганда юкламадаги кучланиш, конденсатор бўлмагандагидан анча кам пульсацияланувчи бўлади.

Агар схемада икки конденсатор ва дросель мавжуд бўлса, тўғриланган токнинг пульсацияланиши янада кучлироқ камайди.

Фильтр конденсаторидаги кучланиш трансформатор кучланишига қарама-қарши йўналган. Демак, трансформатор кучланишининг оний қиймати конденсатор кучланишидан катта бўлгандагина кенотрондан ток ўтади. Натижада икки ярим даврли кенотронда ҳам токнинг ҳамма вақт эмас, балки даврнинг бази бўлакларидағина ўтиши мумкин бўлади.



212-расм

Учта график келтирилган: I кенотроннинг характеристикаси, II кенотрондаги кучланишнинг вақтга боғланиш графиги, III кенотрондан ўтувчи токнинг вақтга боғланиш графиги. II график кучланиш ўқи бўйича фильтр конденсатордаги кучланиш катталигига силжиган косинусоидадан иборатdir. III график дастлабки иккита графикдан ҳосил бўлган.

212-расмдан кўринишича, кенотрондан ўтадиган токнинг катталиги қўйицагича бўлади:

$$I_a = SE_m (\cos \omega t - \cos \theta) \quad (11.1)$$

бу ерда S – характеристика қиялиги, θ – токнинг кенотрондан тўла ўтиш вақтига мос келадиган бурчакнинг ярмига тенг бўлган кесиш бурчаги. Кенотрон вентиль тарзида ишлаши туфайли $I > 0$

деб олиш мумкин. Трансформатордаги ва конденсатордаги кучланишлар ўзаро тенг бўлганида ток тўхташи сабабли,

$$U_{\hat{y}p} = E_m \cos \theta \quad (11.2)$$

бўлади. Кейин, $i=0$ да I_a ток ўзининг максимумига эришади, яъни

$$I_{max} = SE_m (1 - \cos \theta) \quad (11.3)$$

Тўғрилагичдан ўтувчи токнинг ўртача қиймати эса

$$I_{\hat{y}p} = 2 \frac{1}{2\pi} \int_0^\theta I_a d(\omega t) = \frac{2}{\pi} \int_0^\theta I_a d(\omega t) = \frac{2SE_m}{\pi} (\sin \theta - \theta \cos \theta) \quad (11.4)$$

бўлади. (11.4)ни (11.2) га бўлсак, қўйидагини ҳосил қиласиз:

$$\frac{I_{\hat{y}p}}{U_{\hat{y}p}} = \frac{2S}{\pi} (\operatorname{tg} \theta - \theta) \quad (11.5)$$

Кенотроннинг қиялик характеристикаси асбобга қўшиб бериладиган графикдан топилиши сабабли (11.5) формуладан кесиш бурчагини топиш мумкин.

11.4. ЭЛЕКТР ФИЛЬТРЛАР

Электр фильтрлар тўғриланган кучланишнинг пульсациясини текислаш учун хизмат қиласди. Тўғрилагич ҳосил қилиб берган пульсацияланувчи кучланиш ўзгарувчан ва ўзгармас ташкил этувчилардан иборат бўлади. Фильтр пульсацияланувчи кучланишнинг ўзгарувчан ташкил этувчисини камайтириб бериши керак, лекин у ўзгармас ташкил этувчисини ҳам камайтириши мумкин.

Тўғриланган кучланиш ўзгарувчан ташкил этувчиси амплитудасининг ўзгармас ташкил этувчиси амплитудасига бўлган нисбати пульсация коэффициенти деб аталади ва \mathcal{E} ҳарфи билан белгиланади.

Юкламага параллел уланган конденсатор ва кетма-кет уланган дrossель содда текисловчи фильтр ҳисобланади. Бироқ бундай фильтр пульсацияни керакли даражада текислаб бера олмаслиги сабабли анча мураккаб фильтрлар ишлатилади.

Текисловчи фильтр ёрдамида тўғриланган кучланиш пульсациясининг камайтирилиши даражаси текислаш даражаси коэффициенти K билан баҳоланади:

$$K_T = \frac{\mathcal{E}_K}{\mathcal{E}_Q},$$

Бүрдада \mathcal{E}_K ва \mathcal{E}_Q — фильтрнинг кириш ва чиқишидаги пульсация коэффициентлари.

Фильтрнинг чиқишидаги пульсацияларнинг киришидаги пульсациялардан неча марта кам эканлигини кўрсатувчи сон текислаш коэффициенти дейилади.

Фильтрлар турли типда бўлиши мумкин. Қуйида биз фильтрларнинг хусусиятлари ва ишлаш жараёнларини кўриб чиқамиз.

Г-симон фильтрлар. Г-симон фильтрлар пульсацияловчи токнинг ўзгармас ташкил этувчисига кўп қаршилик кўрсатадиган кетма-кет уланган элементдан ва аксинча, пульсацияланувчи токнинг ўзгармас ташкил этувчисига кўп, ўзгарувчан ташкил этувчисига эса кам қаршилик кўрсатадиган параллел уланган элемент (сигим)дан тузилади.

Г-симон фильтрлар элементига қараб индуктив-сифимили, резистор-сифимили ва резонансли фильтрларга бўлинади.

Индуктив-сифимили фильтрлар (213-расм, а) тузилишининг соддалиги ва текислаш хоссалари яхши бўлгани туфайли кенг тарқалган. Фильтр юкламага кетма-кет уланган паст частота

213-расм, а, б

дроссли D_P ва параллел уланган конденсатор C дан тузилган. Дроссел ва конденсатордан тузилган комбинация фильтр звеноси дейилади. Агар бир звеноли фильтр тўғриланган кучланишни етарли даражада текислай олмаса, икки звеноли ёки уч звеноли фильтрлар ишлатилади. Кўп звеноли фильтрнинг текислаш коэффициенти, айрим звеноларнинг текислаш коэффициентлари кўпайтмасига teng бўлади.

Агар дроссель индуктивлити L нинг конденсаторнинг сифими C га кўпайтмаси $150 - 200$ Гн. мкФ ни ташкил этса, фильтр пульсацияни яхши текислайди. Масалан, агар $L = 10$ Гн, $C = 20$ мкФ бўлса, қўйилган талаб бажарилади, чунки

$$LC = 10 \cdot 20 = 200 \text{ Гн} \cdot \text{мкФ}.$$

Индуктивлиги кам бўлган дросセル ишлатилганда конденсатор сифимиши ошириш керак ва аксинча.

Фильтр қўйидагича ишлади. Маълумки, дросседа ўзиндукия электр юритувчи кучи ҳосил бўлгани учун у токнинг ўзгаришига тўсқинлик қиласи. Дросセル орқали ўтаётган пульсацияланувчи ток кўпайган пайтда дросседа йўналиши кучланиш йўналишига қарама-қарши бўлган ЭЮК ҳосил бўлади, натижада ўтаётган ток импульси камаяди. Дросセル орқали ўтаётган пульсацияланувчи ток камайган пайтда ҳосил бўлган ўзиндукия ЭЮК йўналишининг йўқотилаётган ток йўналишига мос келиши пульсациянинг текисланишига олиб келади. Демак, ток кўпайганда дросседа магнит майдон энергиясининг тўпланиши, ток камайганда эса тўпланган энергиянинг юкламага қайтиши натижасида пульсацияланувчи ток текисланар экан.

Конденсатор кучланиш кўпайган пайтда зарядданади, кучланиш камайганда эса электр майдоннинг тўпланган энергиясини юкламага бераб разрядланади. Конденсатор ўзига берилган кучланищнинг ўзгаришига нисбатан секин зарядланади ва разрядланади, шунинг учун ҳам конденсатор ва юкламадаги кучланиш жуда кам пульсацияланади.

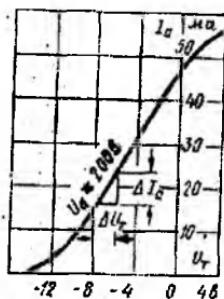
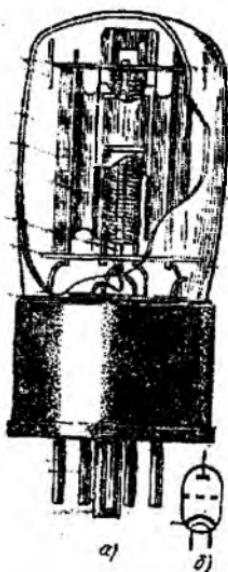
П-симон фильтр. Сигим билан бошланадиган фильтрга П-симон фильтр дейилади. У тўғрилагичнинг чиқиш қисқичларига параллел уланган конденсатор С ва Г-симон фильтрдан иборат. Шунинг учун ҳам П-симон фильтрлар индуктив-сифимли, резистор сифимли ва резонансли бўлиши мумкин (217-расм, б). С₁ конденсатор биринчи элемент сифатида уланган бўлиб, пульсацияларнинг яхши текисланишини таъминлайди. Бундан ташқари С₁ конденсатор тўғриланган юксак кучланишни пасайиб кетишидан сақлади. Шунинг учун ҳам бир хил катталикдаги тўғриланган кучланишни олиш учун П-симон фильтр ишлатилганда куч трансформаторининг иккиласми чулғамининг ўрамлар сонини Г-симон фильтрга нисбатан кам олиш мумкин.

П-симон фильтрлардан фойдаланилганда юклама токининг ўзгариши натижасида тўғриланган кучланиш Г-симон фильтрдагига нисбатан тез ўзгариши. Бундан ташқари тўғрилагич лампаси орқали С₁ конденсаторидан заряд токининг катта импульслари ўтади..

Фильтр деталлари етарли даражада энергияни тўплаб олган бўлса, юкламадаги кучланиш галдаги зарядловчи импульс

келгунча камайишга улгурмайди, демак ток деярли ўзгармай қолади.

Текисловчи фильтр деталлари тўплаган энергия заҳираси конденсаторлар сифими ва дроссель индуктивлигига боғлиқ бўлади. Фильтрларда кўпинча сифими 10–20 мкФ, иш кучланиши 450 В бўлган қозозли ёки электролитли конденсаторлар ишлатилади.



214-расм, а, б, в

$U_a = \text{const}$, анод токининг тўр кучланишига боғлиқлиги, яъни $I_a = f(U_a)$ текширилса, анод-тўр характеристикасини олиш мумкин (214-расм, в).

Триод характеристикасининг тиклиги, яъни қиялик бурчаги анод кучланиши ўзгармас бўлганда тўр кучланиши I В га

11.5. УЧ ЭЛЕКТРОДЛИ ЛАМПА

Уч электродли электрон лампа – триод уч электроддан: катод, анод ва. бошқарувчи тўрдан иборат (214-расм, а).

Анод билан катод орасига қўшимча электрод, яъни бошқарувчи тўр киритилса, электрон лампа янги хоссаларга эга бўлади. Бошқарувчи тўр никель симдан спираль шаклда ясалган бўлади. Катоддан чиқсан электронлар анодга томон ҳаракатланиб бошқарувчи тўрнинг ўрамлари орасидан ўтади. Катод билан тўр орасидаги кучланиши ўзгартириб, катоддан анодга томон йўналган электронлар оқимини, яъни триоддинг анод токи катталигини бошқариш мумкин.

Триод статик режимда бўлганда, яъни анодга юклама уланмаганда $R_a=0$ ва тўрдаги кучланиш ўзгармас бўлганда $U_1=\text{const}$, анод токининг анод кучланишига боғлиқлиги $I = f(U_a)$ анод характеристикаси олинади.

Анод кучланиши ўзгармас бўлиб,

$U_a=\text{const}$, анод токининг тўр кучланишига боғлиқлиги, яъни $I_a = f(U_t)$

текширилса, анод-тўр характеристикасини олиш мумкин (214-расм, в).

ўзгарганда анод токининг қанча миллиамперга ўзгаришини күрсатади:

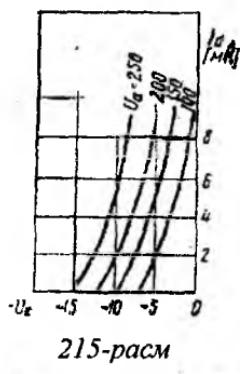
$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_T} \quad (11.6)$$

бунда ΔI_a – анод токининг ўзгариши, мА

ΔU_T – тўр кучланишининг ўзгариши, В,

S – триод характеристикасининг тиклиги, мА/В.

Триод характеристикасининг тиклиги бир вольтга тўғри келган миллиампер ҳисобида ифодаланади.



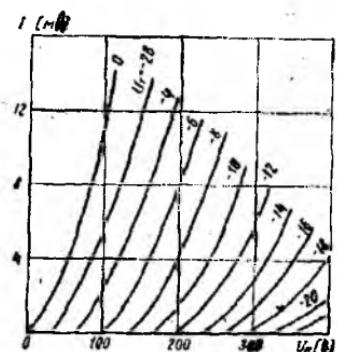
215-расм

тўдаси анод-тўр туркуми дейилади.

Триодларнинг ички қаршиликлари катталиклари ҳар хил бўлади. Ҳозирги замон триодларининг ички қаршиликлари 1000 дан 100000 Ом гача бўлади.

Лампанинг ички қаршилиги характеристикалар туркуми орқали аниқлаш мумкин.

Уч электродли лампалар электроника ва автоматикиканинг турли схемаларида ток, кучланиш ва қувватни кучайтириш ҳамда электр тебранишларини генерация қилиш учун қўлланилади.



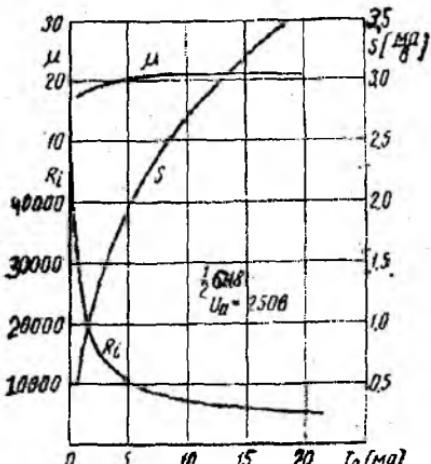
216-расм

Автоматика қурилмаларида түрли элементлар характеристикаларининг доимий бўлиши катта аҳамиятта эгадир. 217-расмда триод параметрларининг анод токи миқдорига боғлиқлиги кўрсатилган. Триод чизиқли режимда ишлаётган бўлса, кучайтириш коэффициентининг анод токига қарийб боғлиқ бўлмаслиги, амалда ўзгармаслиги жуда муҳимдир. Юқорида айтилганлардан фойдаланиб кучайтириш миқдори

доимий бўлган стабил кучайтириш каскадлари қуриш мумкин. Саноат кучайтиргичларда одатда иккиласланган триодлар (бир баллон ичига иккита триод жойлаштирилган) 6Н 7 ва 6Н 8 қўлланилади. Бундай лампалар оз жой эгаллади. Чиқиш триодлари етарли кучайтириш коэффициентида катта тиклик ва қувватта ҳам эга бўлиши керак. 6Н 7 ва 6Н 8 лампалар бу талабларга жавоб бера олади. 6Н 9 тикилиги камроқ, лекин унда кучайтириш коэффициенти кўпроқ.

Триодлар доимий статик кучайтириш коэффициенти M_C га эга ва уларнинг тузилиши содда бўлганлиги учун ишда ишончлидир. Шу билан бирга статик кучайтириш коэффициенти нисбатан катта эмас, тўр ва анод орасидаги сифим С эса катта, характеристика тикилиги ҳам унчалик катта эмас. Бундан ташқари, катта чиқиш кучланиши олиш учун анодга юқори кучланиш улаш зарур. Кўпгина электрон қурилмаларда лампаларнинг кучайтириш коэффициенти юқори, тикилиги катта ва тўр билан анод орасидаги сифим кичик бўлиши талаб қилинади.

Кучайтириш коэффициентини ва тикликни кўпайтириш ҳамда кириш сифимини камайтириш учун иккита турли (тетрод) ва учта турли (пентод) кўп электродли лампалар қўлланилади. Бу лампаларда қўшимча тўрларнинг мавжудлиги анод токини бир



217-расм

нече түр орқали бошқаришга имкон бериб, қўшимча қулайлик туғдиради.

Уч электродли лампалар электроника ва автоматиканинг турли схемаларида ток, кучланишда ва қувватни кучайтириш ҳамда электр тебранишларини генерация қилиш учун қўлланилади.

Лампанинг кучайтириш коэффициентининг физик маънисини қуидаги тушунтириш мумкин. Лампадаги анод токи катоднинг чўғланиши бирдай бўлганда анод ва тўр кучланишларининг функциясиadir. Лекин анод токининг бу икки кучланиш ўсишига боғланиши бир хил эмас. Лампанинг тўри чўғланиш толасига аноддан кўра анча яқин бўлгани учун ундаги кучланиш ўзгариши анод кучланишига анча таъсир кўрсатади. Шу сабабли лампанинг анод токининг ўзгаришида лампа тўридаги кучланишнинг ўзгаришидан фойдаланиш мумкин. $I_a = \text{const}$ бўлганда анод токининг ўзаро тенг, лекин қарама-қарши ишорали ўзгаришларни юзага келтирувчи анод ва тўр кучланишлари орттирмаларининг нисбати лампанинг статик кучайтириш коэффициенти дейилади:

$$\mu_{ct} = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_T}$$

Лампа анод юкламали занжирида ишлаганда кучайтириш коэффициентининг қиймати бошқача бўлади. Бу ҳолда гап лампанинг

$$\mu_{din} = \mu_{ct} \frac{R_a}{R_a + R_i}$$
 динамик кучайтириш

коэффициенти устида боради. Анод юкламаси катта бўлган ҳолда кучайтириш коэффициенти статик кучайтириш коэффициентининг қийматига яқинлашиши равшандир.

Лампанинг динамик кучайтириш коэффициенти анод юкламаси бор бўлганда олинган тўр характеристикаларининг графигидан топилади:

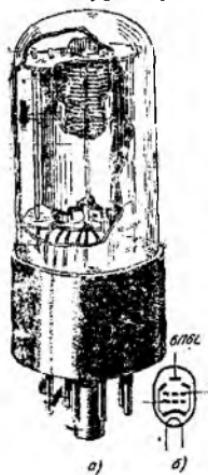
$$\mu_{din} = \mu_{ct} \frac{R_a}{R_a + R_i} = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_T} + \frac{R_a}{R_a + R_i} = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_T} R_a = S R_a$$

ва $R_a \gg R_i$ бўлганда $\mu_{din} \rightarrow \mu_{ct}$ эканлигини кўриш мумкин.

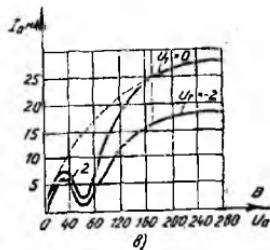
Лампанинг характеристика тиклиги унинг муҳим параметри ҳисобланади.

11.6. ТЕТРОД

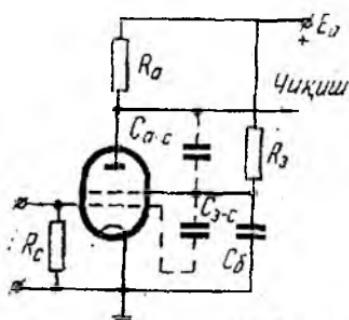
Агар уч электродли лампага экранловчи түр деб аталувчи түрткінчи электрод кирилса, лампанинг кучайтириш коэффициенти ортади. Бундан ташқари, юқори частоталарнинг кучайтириш катталигини камайтирувчи заарарлы үтиш сифими камаяди. Анод, катод, бошқарувчи ва экранловчи түри бұлған түрт электродли лампага тетрод дейилади.



218-расм, а)



218-расм, б)



219-расм
түр занжирига уланган C_b конденсатор орқали зарядланади ёки зарядсизланади.

Бунинг сабаби, конденсатор C_b нинг сифимли қаршилиги электродларо сифим C_{a-m} билан кетма-кет уланган резистор қаршилиги R_c даң кам бўлишидадир. Натижада анод занжиридаги кучланиш үзгаришлари тетроддинг бошқарыш занжирига узатилмайди ва нотўғри сигнал берилади. Шу сабабли тетродни фақат паст эмас,

Экранловчи түр спираль кўринишида бўлиб, бошқарувчи түр билан анод орасига жойлаштирилади. Экранловчи түр кучайтириш коэффициентини ошириш ва электродлар орасига үтиш сифимини камайтириш учун хизмат қиласи. 218-расм, а,б,в ларда тетроднинг ташқи кўриниши, шартли белгиси ҳамда характеристикаси тасвирланган.

Тетроднинг түри занжирлари орасидаги боғланишни заифлаштириш жараёнини кўриб чиқамиз.

Тетродда электродлараро сифим C_{a-m} ўрнига анод билан экранловчи түр орасидаги сифим C_{a-e} ва экранловчи түр билан бошқарыш түри орасидаги сифим C_{e-m} мавжудdir (219-расм). Анод кучланиши үзгарганда, сифим C_{a-e} триоддаги каби бошқарыш занжири қаршилиги R_c орқали эмас, экранловчи

анод ва бошқарыш занжирига уланган C_b конденсатор орқали зарядланади ёки зарядсизланади.

балки юқори частотали тебранишларни кучайтиришда ҳам қўллаш мумкин.

Экран тўрига мусбат кучланиш КТ кенотронли тўғрилагичдан R_3 резистор ва C_3 конденсаторлардан тузилган занжир орқали берилади.

Анод ва экран тўрининг мусбат потенциаллари таъсири остида катоддан чиққан электронлар катта тезлик билан бошқарувчи ва экран тўрларининг ўрамлари орасидан ўтиб анодга урилади. Бунда анод сиртидан иккиласми электронлар ажralиб чиқади. Иккиласми электронларниң тезлиги кам бўлиб, мусбат потенциали катта бўлган электродга тортилади. Агар анод кучланиши U_a экран тўрининг кучланиши U_3 дан катта ($U_a > U_3$) бўлса, иккиласми электронлар анодга қайтади. Лампа ишлаганда U_a берилган тўлқин частотасига мос равища ўзгарида ва баъзи пайтларда U_3 дан кичик бўлиши мумкин. $U_3 > U_a$ бўлган ҳолларда иккиласми электронлар экран тўрига тортилиб лампани экран тўри I_3 нинг кескин ортишига, I_a нинг эса камайиб кетишига олиб келади (218-расм, в.).

Аноддан экран тўрига ўтган иккиласми электронлар ҳисобига анод токи миқдорининг кескин камайиб, экран тўрида ток миқдорининг кўпайиб кетиши ҳодисаси динатрон эфекти дейилади.

Динатрон эфекти зарарли ҳодисадир, чунки лампа характеристикасининг кескин камайиб кетиши туфайли чизиқли бўлмаган бузилишлар ҳосил бўлади. Тетроднинг анод токи асосан бошқарувчи ва экран тўри кучланишларига боғлиқ, чунки анод кучланиши анод токининг ўзгаришига кам таъсир кўрсатади. Бундай пайтда тетроднинг ички қаршилиги триоднинг ички қаршилигидан катта бўлиб қолади.

Динатрон эфектини йўқотиш учун тетроднинг аноди билан экран тўри орасига антидинатрон тўр деб аталувчи қўшимча тўр киритилади.

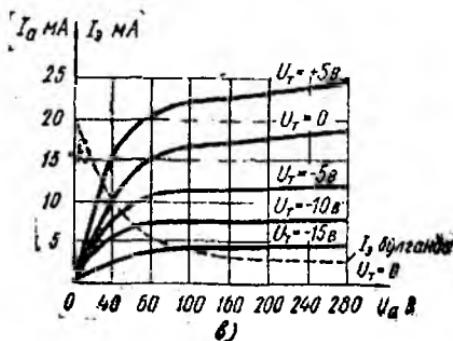
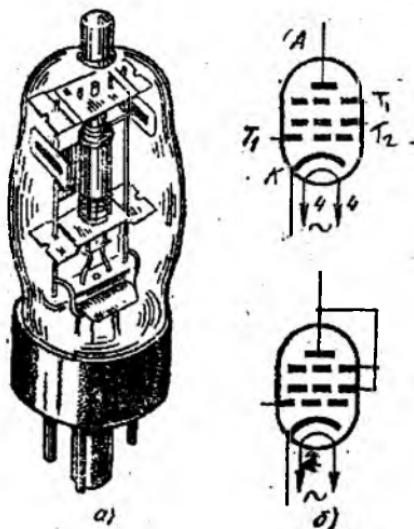
11.7. ПЕНТОД

Беш электродли лампа – пентод учта тўрга эга бўлиб бешинчи электрод, динатрон эфектини йўқотиш учун хизмат қилади (220-расм, а,б,в.). Бу электродни антидинатрон деб юритилади.

Кўпчилик ҳолларда антидинатрон тўр катод билан уланади, демак, у катодга нисбатан ноль потенциалга, анодга нисбатан эса манфий потенциалга эга бўлади.

Анод ва экран тўрининг мусбат потенциали таъсири остида катоддан учб чиққан электронлар катта тезлик билан тўрлар орқали ўтиб, анодга урилади ва ундан иккиласми электронларни уриб чиқаради. Иккиласми электронлар экран тўрига қараб ҳаракатланётган манфий зарядланган антидинатрон тўрга дуч келади. Антидинатрон тўр иккиласми электронларни орқага қайтаради. Натижада антидинатрон эфекти йўқолади. Пентодлар жуда катта кучайтириш коэффициентига эга бўлганлиги учун кўпинча кучайтиргичларнинг биринчи каскаларида

ишлатилади. Баъзи ҳолларда лампанинг ички қаршилиги R_j ни камайтириш мақсадида тетродлар, пентодлар триод схемаси бўйича уланади. Бунинг учун экран ва антидинатрон тўрлари анод билан уланади (220-расм, б.).



220-расм, а, б, в

Пентоднинг битта анод – тўр характеристикаси триоднига ўхшаш бўлади. Лекин ўзгармас U_3 ва ҳар хил анод кучланишида деярли бир нуқтадан чиқади. U_3 кучайтирилса, характеристика ўнг томонга силжийди. Бу ҳол экран ва антидинатрон тўрларнинг экранловчи таъсиси ва анод токининг экран тўрининг кучланишига кўпроқ боғлиқлиги билан тушунтирилади.

Пентоднинг экран тўри кучланиши бир хил катталиқда кучланишлари учун олинган анод характеристикалари 220-расм, в да кўрсатилган. Анод кучланишининг паст соҳасида олинган характеристикалар юқорига тик кўтарилади. Бу ҳол қўйидагича тушунтирилади. Электронлар экран тўрининг ўрамлари орасидан учеб ўтгандан сўнг уларнинг тезлиги камаяди. Чунки уларга антидинатрон тўрининг тормозловчи кучи таъсир қиласи. Электронларнинг кўпчилик қисми экран тўри билан антидинатрон орасида концентрацияланиб иккинчи ҳажмий зарядни ҳосил қиласи.

Анод ҳажмий заряднинг электронларига сийрак қилиб тайёрланган ҳимояловчи ток орқали таъсир этади, натижада анод кучланишининг бироз кўпайиши ҳам анод токини кескин ошириб юборади.

Мусбат анод кучланиши янада кўпайтирилади, иккинчи ҳажмий заряд силжийди ва анод токининг ўсиши секинлашади.

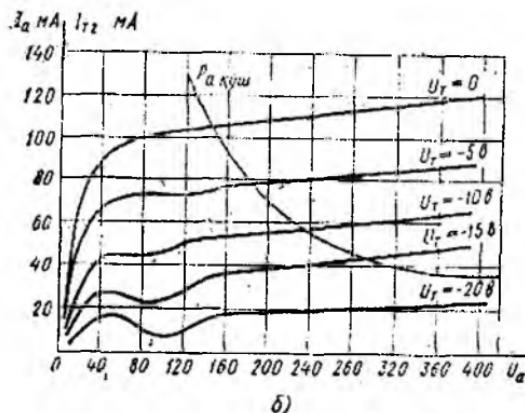
Анод кучланишининг бундай кейинги кўпайишига анод токининг катталиги кам таъсир кўрсатади, чунки ток катод ёнига жойлашган

ҳажмий заряднинг электронлари ҳисобига кўпайиши мумкин, лекин аноднинг электрон майдони катод билан анод орасидаги ҳамма тўрларининг экранловчи таъсирида кучсизланади. Бу юқори анод кучланиши соҳасида деярли горизонтал жойлашуви характеристика тиклигини етарли даражада пасайтиради. Шунинг учун характеристикани горизонтал участкаларидан фойдаланилади. Бу участкада пентоднинг кучайтириш коэффициенти ва ички қаршилиги катта бўлади. Манфий силжитиш кучланишининг ортиши билан характеристикалар бир-бирига яқинлашади ва уларнинг тиклиги камаяди.

Анод характеристикасининг ёпиқ участкаларининг тўйиниш режими билан алмаштириб юбормаслик керак. Пентодларда тўйиниш режими фақат бошқарувчи тўрга мусбат кучланиш берилганда гина рўй бериши мумкин.

11.8. НУРЛИ ТЕТРОД

Нурли тетродларда динатрон эфектини йўқотиш мумкин. Бундай лампаларда экран тўри аноддан анча узоқлаштирилган бўлади. Электронлар бошқарувчи ва экран тўрларининг биргаликдаги таъсири остида нурли даста ҳосил қиласи. 221-расм, а да нурли тетроднинг ташки кўриниши тасвирланган.



б)

221-расм, а, б

Нурли тетродларда экран – түр – анод орасида пайдо бўлган фазовий манфий заряд иккиласми электронлар ҳаракатига тўсқинлик қиласди ва уларни анодга қайтишга мажбур қиласди.

6 ПЗС ва Г–807 типидаги нурли тетродларнинг ички қаршилиги нисбатан кичик бўлгани учун саноатда кенг қўлланилади. Масалан, нурли тетродлар электр двигатели, реле, индуктивлик фалтаги, магнит муфта ёки электр машина кучайтиргичининг уйғотиш чулғами учун ишлайдиган кучайтиргичларнинг чиқиши каскадларида қувват кучайтиргич сифатида ишлатилади.

Нурли тетроднинг анод характеристикалари пентодниги қараганда текисроқ, лекин триодниги қараганда нотекис тақсимланган бўлади (221-расм, б).

Такрорлаш учун саволлар.

1. Электровакуум асборлари электр токининг қандай муҳитда ўтишига асосланган?
2. Электрон лампаларда электрон эмиссиянинг қандай турлари қўлланилади?
3. Икки электродли электрон лампанинг характеристика тикилиги қандай электр параметрларга боғлиқлигини ва уларни ифодасини кўрсатинг.
4. П–типдаги электр фильтрларида L ва C параметрлар орасидаги боғланишини аниқланг.
5. Электр фильтрига берилган кучланиш частотасининг ўзгариши унинг ишлашига қандай таъсир этади?
6. Триод лампанинг асосий параметрларини кўрсатинг.
7. Тетрод ва пентод лампаларга қўшимча электродларни киритишни моҳияти нимадан иборат?

XII БОБ. ЯРИМ ЎТКАЗГИЧЛИ АСБОБЛАР

12.1. УМУМИЙ ТУШУНЧАЛАР

Ярим ўтказгичли асбобларда ток ўтиши вақтіда электронлар ва «тешіклар» ҳаракатланады, уларнинг ҳаракати ярим ўтказгич моддаларнинг кристалл панжараларида бўладиган жараёнлар билан чамбарчас боғланган бўлади.

Хозирги вақтда ярим ўтказгичлар электроникаси айниқса, муваффақият билан ривожланмоқда. Ярим ўтказгичли асбобларнинг электрон ва ион асбобларга нисбатан бир қанча мұхим афзаликкәр бор. Ярим ўтказгичли асбобларда вакуум ҳосил қилиш ва чўғланган катоднинг зарурати йўқлиги бу асбобларнинг ўлчамларини ва оғиригини камайтиришга, механик мустаҳкамлигини, хизмат қилиш муддатини бирмунча оширишга имкон беради, улар арzon туради ва фойдаланишда анча қулай. Радиотехника, энергетика, автоматика, телемеханика ва ҳисоблаш техникасининг баъзи соҳаларида ярим ўтказгичли асбоблар электрон, ион асбобарини ишлаб чиқаришдан сиқиб чиқармоқда.

12.2 ЯРИМ ЎТКАЗГИЧЛАРНИНГ ЭЛЕКТР ЎТКАЗУВЧАНЛИГИ

Ярим ўтказгичлар қаттиқ моддаларнинг катта гурӯхига мансуб бўлиб, улар ўзларининг электр хоссалари бўйича (эркин электронларнинг миқдори бўйича, демак, электр қаршилиги бўйича ҳам) қаттиқ жисмлар орасида ўтказгичлар билан изоляторлар орасида оралиқ ҳолатни эгаллайди.

Агар оддин кўриб чиқилган электрон асбобларда электр зарядлар вакумда ёки газда ҳаракат қилса, ярим ўтказгичли асбобларда эса улар қаттиқ жисмларда, кристалларда ҳаракат қиласди. Кўп сонли турли туман ярим ўтказгич моддалардан радиотехникада энг кўп тарқалган германий ва кремний бўлиб, уларни электр хоссалари деярли бир хилдир.

Ярим ўтказгичларнинг электр хоссалари кристаллдаги атомларни ўзаро боғланишига ва электронларнинг атом ядролари билан боғланишига боғлиқ. Ярим ўтказгичларда бу боғланишлар жуда кучли ва шунинг учун уларда эркин электрөнлар нисбатан кам бўлади.

Ряд номер	II	III	IV	V	VI	VII	
II	B	B	C	N	O	F	
III		Al	Si	P	S	Se	
IV		Ca	Ge	As	Se	Br	
V	Zn	Sn	S	Te	I		
VI		Pb	Bi	Po	At		

222-расм

Ярим ўтказгичларга Менделеев даврий системасидаги IV, V ва VI гурӯхларнинг кўпчилик элементлари киради. 222-расмда ярим ўтказгичлар хоссасига эга бўлган элементларнинг Д. И. Менделеев даврий системасида тутган ўринлари кўрсатилган. Уларнинг чап ва пастки томонларида типик металлар, ўнг ва юқори томонларида эса типик диэлектриклар жойлашган.

Ярим ўтказгичлардан ток ўтаетганда ҳеч қандай химийвий ўзгариш юз

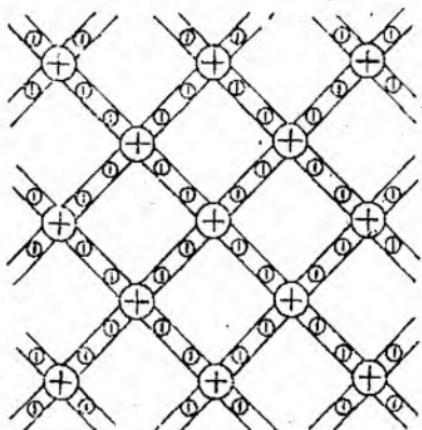
бермайды; демак, ярим ўтказгичларда ток ташувчилар ионлар эмас, балки электронлардир.

Электр ўтказувчанлиги жиҳатидан ярим ўтказгичлар металлар билан диэлектриклар ўртасида туради.

Ярим ўтказгичларнинг хоссаси турли ташки факторлар: температура, ёргулик, босим, кучли электр майдон ва хоказолар таъсирида электр ўтказувчанлигининг тез ўзгаришидир. Ярим ўтказгичларга бир оз аралашма қўшилганда, уларнинг электр ўтказувчанлиги бир неча миллион марта ўзгариши мумкин.

Буларнинг ҳаммасига ярим ўтказгичларда электронларнинг концентрацияси кам эканлиги ва унинг ташки факторларга боғлиқлиги сабабdir.

Ярим ўтказгичнинг металдан асосий фарқи шундаки, металда абсолют, ноль температура яқинидан электронларнинг концентрацияси температура кўтарилиши билан деярли ўзгармайди, ярим ўтказгичларда эса электронларнинг эркин ҳолатга ўтказиш учун энергия сарфлаш керак бўлади, энергиянинг қиймати қанча катта бўлса, ярим ўтказгичларнинг электр ўтказувчанлиги температура ва бошқа ташки таъсириларга шунча камроқ боғлиқ бўлади. Изоляторлар учун энергиянинг қийматлари жуда катта бўлиши характерлидир. Масалан, германий учун $W = 0,75$ эВ, NaCl учун эса $W = 10$ эВ. Германийнинг ташки орбитасида тўртта валент электрони бор. Германий кристалида ҳар бир атом тўртта қўшни атом билан жуфт электронли боғланишлар ҳосил қиласди (223-расм).



223-расм

мумкин ва бу ерда нормал боғланиш тикланади, бироқ бошқа жойда нормал боғланиш бузилади, бу тешик ўрнини бошқа бирор электрон эгаллади.

Ташки электр майдон таъсирида тешиклар майдон йўналишида силжийди.

Тешикларнинг силжиши катталик жиҳатидан электронлар зарядига тенг бўлган мусбат зарядлар токига эквивалент. Бу жараён тешикили ўтказувчанлик деб аталади (р-ўтказувчанлик).

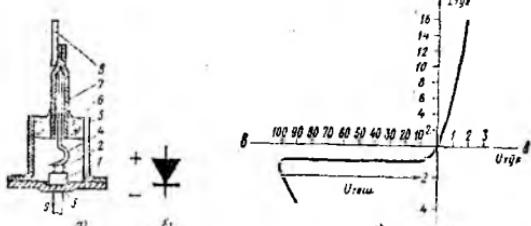
Шундай қилиб, ярим ўтказгичларнинг ўтказувчанлиги электрон ўтказувчанлик ва тешикили ўтказувчанликлар йиғиндисидан иборат.

Ярим ўтказгич таркиби озигина миқдорда аралашма киритиш билан унинг хосасини ўзгартириш мумкин. Ярим ўтказгич кристалига бошқа элементларнинг атомларини киритиб, кристалда эркин электронларнинг тешиклардан кўп бўлишига ёки аксинча тешикларнинг эркин электронлардан кўп бўлишига эришиш мумкин.

Германий атоми ўрнини учта валент электрони бўлган индий атоми олганда индий электронлари германийнинг учта атоми билан ковалент боғланади, индийда тўртинчи электрон етишмаслиги туфайли германийнинг тўртинчи атоми билан боғланиш бўлмайди. Агар етишмайтган тўртинчи электрон германийнинг энг яқин атомидан олинадиган бўлса, ҳамма боғланышларни тикаш мумкин. Бироқ, бу ҳолда германий атомини ташлаб кетган электрон ўрнида тешик ҳосил бўлади. Бу тешик германийнинг қўшни атомидаги электрон томонидан тўлдирилади. Эркин боғланышларни кетма-кет тўлдириш жараёни тешикларнинг ярим ўтказгичда силжишига тенг кучли. Шундай қилиб, индий аралашмаси германий кристалининг тешикили ўтказувчанлигини таъминлади.

Электрон ўтказувчанлиги устун бўлган ярим ўтказгичлар п-тур ярим ўтказгичлар деб, тешикили ўтказувчанлиги устун бўлган ярим ўтказгичлар р-тур деб аталади. Аралашма ярим ўтказгичда ўтказувчанлик турини билдирувчи заряд ташувчилар асосий деб, тескари ишорали заряд ташувчилар ёрдамчи заряд ташувчилар деб юритилади.

12.3 ЯРИМ ЎТКАЗГИЧЛИ ЯССИ ДИОДЛАР



224-расм, а, б, в

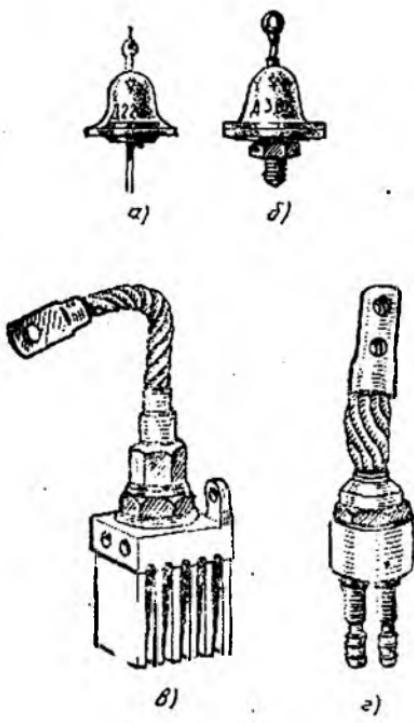
параметрларга эга, контакт босими катта эмас. Ясси диодлар ишончли ишлайди. Бу диодларда ўтказувчанлиги турлича бўлган иккита ярим ўтказгичнинг ясси контактидан фойдаланилади.

224-расм, а, б да германийли ясси диоднинг тузилиши ва схемаси кўрсатилган. Пўлат асос 3 га германийли пластина 1 кавшарланган

Хозирги кунда саноати электроника нуқтали ва ясси диодлар ишлаб чиқармоқда. Нуқтали диодлар юқори частотали токларни тўғрилашда қўлланилади. Нуқтали диодлар жуда ишончли ишламайди, чунки электр контакт ингичка пружинадан иборат бўлади, юқори

Сұлиб, унда индий 2 суюқлантириб суртилган. Индий суюқланмасига ички клемма 4 кавшарланади, у шиша изолятор 6 га кавшарланған трубка – штенгель 7 орқали үтади ва ташқи клемма 8 билан уланади. Иккинчи ташқи клемма 9 асос 3 га кавшарланған. Нур таъсирини йүқотиши учун шиша нур үтказмайдыган изолятор лок билан қопланади. Конструкциянинг ҳаммаси металл корпус 5 ичига жойлашган. Үрта ва катта қувватли диодларнинг корпуси иссиқлик узатишни осонлаштириш мақсадида қовурғали қилинади. Германий пластинкасига индий метали ёпиштирилади. Индий германийнинг юқори қатламига кириб, бу қатламда тешикли үтказувчанлик ҳосил қилади.

Германий ва кремнийли диодларнинг вольт – ампер характеристикалари түғри ва тескари миқдорини ҳамда түғрилаш коэффициентини аниқлашга имкон беради (224-расм, в).



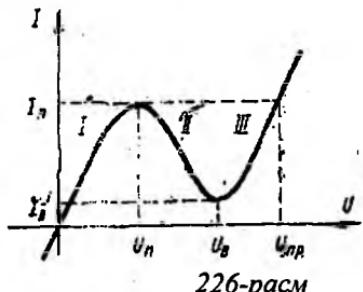
225-расм, а, б, в, г

жаво билан совитиладиган ВКД – 200 ва сув билан совитиладиган ВКДВ – 350 ярим үтказгич диодлар тасвирланған.

Ясси диодларнинг түғри токлари анча катта: ампернинг үндан бир улушларича ва ундан катта бўлади. Ярим үтказгичли диодларнинг тескари токлари кичик; германийли диодларда ўнларча ёки юзларча микроампер, индийли диодларда эса микроампернинг бир неча улушларига teng.

Хозир электрон автоматиканинг электрон кучайтиргичлари ва бошқа қурилмаларини таъминлашда Д7А – Д7Ж типидаги диодлар түғрилагич сифатида ишлатилмоқда. Бундай түғрилагичларда түғриланған токнинг миқдори 300 мА ва тескари кучланиш 50... 400 В гача етади. 225-расм, а, б, в, г ларда электроника саноатида ишлаб чиқарилаетган Д – 226 Б, Д – 302,

12.4. ТУННЕЛЬ ДИОД



Туннель диод икки қутбели ярим ўтказгичли асбоб бўлиб, вольтампер характеристикасининг тўғри тармоғида манфий қаршиликлар соҳага эга. Туннель диодлар N – симон вольт – ампер характеристикага эгадир (226-расм). Шунинг учун ҳам бундай диодлар туннель диодлар деб аталади.

Туннель диод механизми асосида туннель эффекти ётади. Бу эффект классик физикада ўз аналогига эга эмас ва у фақаттинга квант механикаси асосида тушунтирилади.

Оддий ярим ўтказгичли диоднинг ишлаш жараёнидан маълумки, тўғри йўналишдаги ток асосий бўлмаган ток ташувчиларнинг р-п ўтиш потенциал тўсиги орқали ўтиши туфайли вужудга келади. Туннель диода эса ток ташувчилар р-п ўтиш потенциал тўсигидан ошиб ўтмайди, балки электрон ўзига хос «туннель» орқали ўтиб кетади. Туннель эффекти бўлиши учун ярим ўтказгичли материал ва унинг асосида ҳосил қилинадиган р-п ўтиш максус тайёрланмофи лозим. 226-расмда кўрсатилган III дан бошлаб туннель диод худди оддий диод каби ишлайди, яъни р-п ўтиш орқали ўтаётган ток диффузион ток бўлади.

Ҳозирги пайтда мамлакатимизда туннель диодлар, асосан германий: галлий – арсенид ва галлий – суръма материаллари асосида ишлаб чиқарилмоқда.

Туннель диод вольт – ампер характеристикасида манфий қаршиликли соҳанинг мавжудлиги, унинг электр сигналларини генерациялашда ва уларни кучайтиришда қўлланишига имкон беради. Шунингдек, туннель диодлар автоматика ва электрон ҳисоблаш машиналарида иккита турғун ҳолатли асбоб сифатида ишлатилади. Туннель диодлар асосида сода триггерлар йигилади. Туннель диодлар оддий диодларга нисбатан анча паст ва юқори температураларда ишлай олади, яъни туннель диодларнинг ишлаш температура диапазони анча кенг.

Туннель диод бир ҳолатдан иккинчи ҳолатта транзистор ва тиристорга қараганда тез узиб-уланади. Туннель диодни характерловчи асосий параметрлар қўйидагилар ҳисобланади: максимумдаги U_n кучланиш, максимумдаги ток I_n , минимумдаги ток I_b , минимумдаги U_b кучланиш. Кучланишнинг U_n қийматида диффузион ток максимумдаги токка тенг бўлади.

12.5. ВАРИКАПЛАР

Агар ярим ўтказгичлар (диодлар) ўзгарувчан сифимдан иборат бўлса, бундай ярим ўтказгичларга варикаплар дейилади. Диоддаги р-п ўтишига электр майдон таъсир этиб, ундаги зарядни ва электр сифимини ўзгартиради. Варикапнинг иккинчи тури фотоварикапdir. Фотоварикап ярим ўтказгичли фотоэлементдан иборат бўлади. Унда электр сифими сиртта тушаётган ёруғлик оқими интенсивлигига боғлиқ бўлади.

Варикаплар радиотехникада:

- тебраниш контурларини резонанс частотасига қайта созлаш;
- частотани чизиқли бўлмаган сифимга ўзгартириш;
- юқори частотали электр тебранишларини кучайтиришда ишлатилади.

Тебраниш контурининг резонанс частотасини қайта созлаш учун варикап асосий сифим билан параллел қилиб уланади, бунда контурда кучланишнинг ўзгарувчан ташкил этувчисининг амплитудаси силжиш кучланишидан кичик бўлиши керак. Силжиш кучланишининг катталигини ўзгартира бориб, варикапнинг сифимини ва тебраниш контурининг резонанс частотасини ўзгартириш мумкин. Контурдаги ўзгарувчан кучланиш эса варикапнинг сифимига таъсир қилмайди. Бу кучланиш силжиш кучланишидан амалда кичик бўлади.

Частотани ўзгартириш учун варикапнинг режими бирмунча ўзгартирилади. Бу режимда варикапга берилаётган силжиш кучланиши ва ўзгартирилаётган кучланишнинг амплитудаси тенг бўлади. Варикапнинг сифими чизиқли қонун бўйича эмас, балки кучланишга тескари пропорционал равишда ўзгаради. Шунинг учун унинг чиқишидаги сигнал фақат кириш сигнали частотага тўғри келувчи асосий частотада бўлмай, балки иккиланган частоталардаги сигналлар ҳам бўлади. Агар асбобнинг чиқишига гармоникага созланган тебраниш контури қўйилса, у ҳолда фақат шу гармоникага ажралади, яъни кириш сигналининг частотасига нисбатан икки, уч, тўрт марта катта бўлган частотали сигнал ажралиб чиқади. Шундай қилиб, сигнал частотасини биз кўпайтирган бўламиз. Кўпайтириш коэффициенти қанча катта бўлса ва қанча частота ажратилса, кириш сигналининг қувватига нисбатан шунча кичик қувватли чиқиши сигнални олиш мумкин бўлади. Электроника саноатида D901 A – D901 E типидаги варикаплар ишлаб чиқарилмоқда. Уларда тескари кучланиш 4 В бўлганда, сифим 22–32 пФ га тенг бўлади. Максимал кучланиш 45–80 В бўлганда, минимал сифим 7–22 пФ га тўғри келади, варикапнинг асиллиги $Q = 25 \div 30$ орасида бўлади.

12.6. ЯРИМ ЎТКАЗГИЧЛИ ТҮГРИЛАГИЧЛАР

Ярим ўтказгичли түгрилагиичлар қуйидати параметрлар билан характерланади:

- тескари кучланишнинг энг катта қиймати;

- түгриланган токнинг энг катта қиймати;

- түгриланган катта токка түгри келадиган түрги йўналишдаги кучланиш турушви;

- энг катта тескари кучланишига түгри келадиган тескари ток;

- диоднинг тескари кучланиш берилган пайтдаги синими;

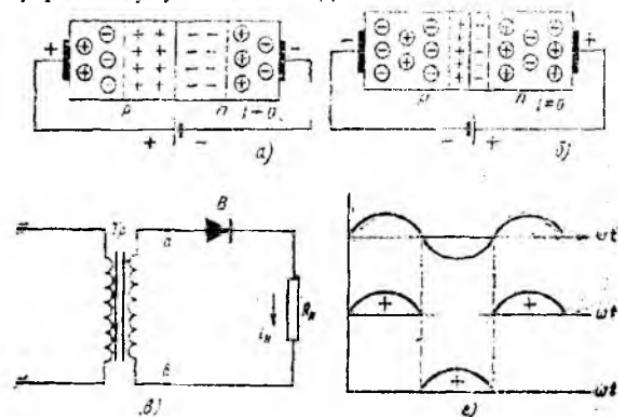
- чегара частотаси;

- температура диапозони;

- фойдали иш коэффициенти.

Ҳар хил электр ўтказувчанликка эга бўлган иккита ярим ўтказгич чегарасидаги соҳа электрон-теникли ўтиш ёки р-п ўтиш дейилади.

Бундай ўтиш бир томонлама, ўтказувчанлик хосасига эгадир. Р-п ўтишининг бу хосаси ярим ўтказгичли диодларда ўзгарувчан токни түгрилаш учун ишлатилади.



227-расм, а, б, в, г

рини камайтирадиган қутбли кучланиш берилганда ҳосил бўлган ток түгри ёки ўтказиш токи дейилади, ўтадиган ток эса түгри ток дейилади.

Тескари йўналишдаги кучланиш (227-расм, б) берилганда тешиклар ва электронлар қарама-қарши ишорали электродларга тортилиб, р-п ўтишдан узоқлашади. Ўтиш зонасида электр зарядларнинг асосий ташувчилари йўқолади, шунинг учун р-п ўтишли транзисторлар амалда электр токини ўтказмайди. Ўтиш орқали асосий бўлмаган заряд ташувчилар ҳосил қилган жуда кам миқдордаги ток ўтади ва у тескари ток дейилади.

Кучланиш қутби ўзгарганда р-п ўтишда ярим ўтказгичлар орқали токнинг ўтишини кўриб чиқайлик.

Кучланиш түгри йўналишда бўлганда р-соҳага манбанинг мусбат қутби, п-соҳага эса манфий қутби уланади (227-расм, а).

Р-п ўтишдаги қаршилик миқдо-

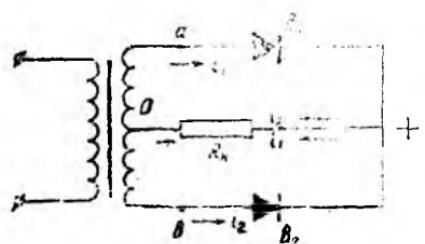
227-расм, в да ўзгарувчан токни битта ярим даврли түғрилаш схемаси тасвирланган.

Трансформаторнинг иккиласи чулғамидаги ЭЮК синусоидал қонун бўйича ўзгаради, деб фараз қиласлик.

$$e = E \sin \omega t.$$

Фараз қиласлик, а нуқта $\frac{T}{2}$ даврда мусбат бўлсин. Бу ҳолда *e* нуқта

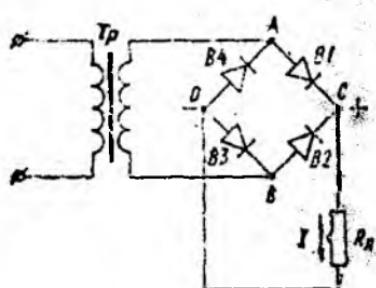
манфий потенциалга эга бўлади. Бунда вентиль B_1 юклама қаршилиги R_h дан ток ўтади. Даврнинг иккинчи ярмида а нуқтанинг потенциали **манфий** бўлади. Бунда тескари B_2 вентилга U_T тескари кучланиш берилади. Вентилинг тескари қаршилиги жуда катта. Шунинг учун тескари ток нолга тенг бўлади.



228-расм

түғрилаб бўлмайди. В.Ф. Миткеевич тавсия қиласи тасвирланган.

Бунда даврнинг биринчи ярмида i_1 ток вентиль B_1 ва юклама R_h орқали трансформаторнинг иоль нуқтаси (0) га келади. Бу ҳолда иккинчи вентиль B_2 тескари кучланиши остида бўлади. Даврнинг иккинчи ярмида B_2 вентиль юклама R_h орқали 0 нуқтага келади.



229-расм

227-расм, в да ўзгарувчан ва түғриланган токнинг графиклари кўрсатилган. Графиклардан шуни айтиш мумкинки, биринчи ярим даврда ток түғриланади.

Демак, бир ярим даврли түғрилагичларда ток даврнинг факат биринчи ярим даврида түғриланади. Ўзгарувчан токнинг иккинчи ярим даврида эса ўзгарувчан токни

түғрилаб бўлмайди. В.Ф. Миткеевич тавсия қиласи тасвирланган.

Иккинчи ярим даврда B_1 вентиль тескари кучланишда бўлади. Ўзгарувчан токнинг ҳар икки ярим даврида ҳам ток i_1 ва i_2 нинг йўналиши бир хил бўлади.

229-расмда иккита ярим даврли кўпприк схемаси асосида ишлайдиган түғрилагич тасвирланган.

Түғриланган кучланиш ва токни ортириш учун схеманинг ҳар бир тармоғига бир нечтадан вентиль улаш мумкин, улар ўзаро кетма-кет, параллел ёки туркузлаб уланади.

Бу түгрилагичларнинг ишлаш жараёни қуйидагича: токнинг биринчи ярим даврида B_1 ва B_3 вентиллардан ток ўтади. B_2 ва B_4 вентиллар эса берк бўлади. Ток трансформатор чулғамининг юқори учидан (а нуқтадан) вентиль B_1 , юклама қаршилиги R_h ва вентиль B_3 орқали трансформатор чулғамининг пастки учига (в нуқтага) боради.

Токнинг иккинчи ярим даврида эса B_1 ва B_3 вентиллар берк бўлиб, B_2 ва B_4 вентиллар орқали ток ўтади. Ток эса занжирнинг в учидан B_2 вентиль, юклама қаршилиги R_h ва вентиль орқали чулғамнинг А нуқтасига боради. Демак, иккала ярим даврда ҳам юклама қаршилигидан бир томонга қараб ток ўтади.

Тақрорлаш учун саволлар

1. Ярим ўтказгичларнинг қандай электр ўтказувчанликлари мавжуд?
2. Электр тебранишларини генерациялаш учун қандай турдаги диодлар қўлланилади?
3. Варикаплар қандай мақсадларга қўлланилади?

XIII БОБ. ФОТОЭЛЕКТРОН АСБОБЛАР

13.1. УМУМИЙ ТУШУНЧАЛАР

Фотоэлектрон асбоблар халқ хұжалиги, фан ва техниканинг турли соҳаларида кенг қўлланилмоқда. Photoэлектрон асбоблар ишлаш жараёнига кўра уч гуружга бўлинади:

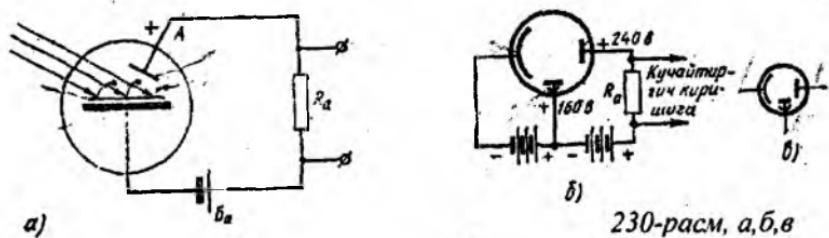
1. Электровакуумли – photoэлектрон эмиссияга асосланган.
2. Фоторезисторлар – ички photoэлектр эффектга асосланган асбоблар.
3. Ярим ўтказгичли – фотогальваник эффектга асосланган асбоблар.

Photoэлектрон асбоблар photoэлементлар асосида ишлайди. Photoэлементлар эса photoэлектрон эмиссияга асосланиб ишлайди.

Агар вакуум ичидағи ёргулукни сезувчи қатламга ёргулук оқими йўналтирилса, бу қатламдан электронлар ажралиб чиқади. Ёргулук сезувчи қатламдан чиққан электронларни анод ўзига тортади ва унинг ташки занжирида ток ҳосил бўлади.

Photoэлемент занжирида пайдо бўлган энергиядан фойдаланиш учун занжирида кучланиш тушувини ҳосил қилиб берувчи актив қаршилик қўлланади.

Photoэлектрон эмиссиянинг асосий қонунига кўра, photoэлемент занжиридаги токнинг катталиги тушаётган ёргулук оқимига пропорционалдир.



230-расм, а, б, в

Агар тушаётган ёргулук оқими ўзгарса R_h актив юкламада пульсланувчи кучланиш тушуви ҳосил бўлиб, унинг ўзгарувчан ташкил этувчиси кучайтиргичнинг киришига берилади. Ишлаб чиқаришда ишлатиладиган photoэлементларда суръма – цезий ёки кислород – цезий қўлланаб, улар шиша баллоннинг ички сиртига сурилади. Анод пластинка шаклида ясалиб, катодга тушаётган ёргулук оқимини тўсиб қўймайдиган қилиб жойлаштирилади (230-расм, а).

Амалда электровакуумли photoэлементларда электронли ва ионли photoэлементлар қўлланилади. Лекин электронли ва ионли photoэлементларнинг сезирлиги кичик бўлади. Шунинг учун photoэлектрон асбобларнинг янги тури бир каскадли photoэлектрон кучайтиргич ишлаб чиқилди.

Фотоэлектрон кучайтиргичларда құшымча электродлар – диодлар бұлғани учун иккіламчи электрон эмиссия ҳисобига фототок бир неча марта кучайтирилади. 230-расм, б да фотоэлементни занжирига улаш, 230-расм, в да эса унинг шартли белгиси тасвириланган.

13.2. ФОТОЭЛЕКТРОН АСБОБЛАР

Ишлеш жараёнига күра фотоэлектрон асбоблар асосан иккى гурухга бүлинади: ички фотоэффектли фотоэлементлар ва ташқи фотоэффектли фото элементлар.

А. Г. Столетов фотоэлектрон эмиссия ҳодисасининг асосий қонууларини очган ва биринчи фотоэлементларни яраттаг.

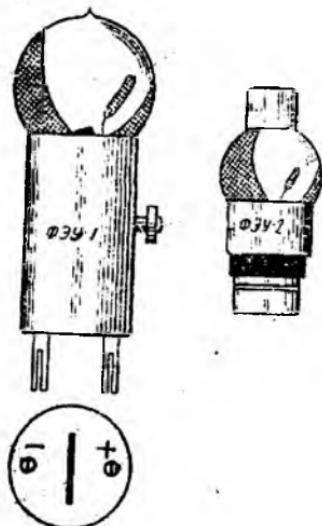
Әнг сода ташқи фотоэффектли фотоэлемент ичига иккита электрод жойластирилған вакуумли шиша баллондан иборат (230-расм, а). Фотоэлемент ёритилгандың унинг ёруғликни сезгир қатламидан электронлар ажралиб чиқады. Анод I_a ток ҳосил бўлиб, у R_a қаршиликда U_{Ra} кучланиш тушувини юзага келтиради. Бу ток фотоэлементта тушувчи Ф ёруғлик оқимига пропорционал I_a Ф = kФ бўлади. Ф – ўзгарганды U_{Ra} = I_a R_a = K R_a Ф кучланиш тушуви ҳам ўзгаради. Шундай қилиб, фотоэлемент ёрдамида ёруғлик сигналларини электр сигналларига айлантириш мумкин.

Электровакуумли фотоэлементларнинг сезгирлиги кичик бўлади. Шунинг учун, фотоэлектрон асбобларнинг янги тури бир каскадли фотоэлектрон кучайтиргич ишлаб чиқилған.

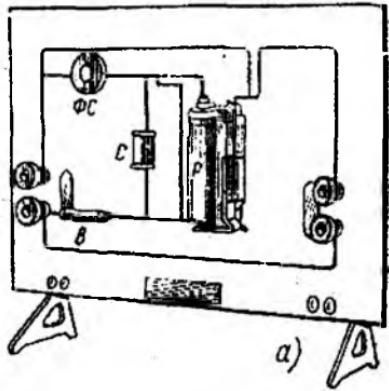
Фотоэлектрон кучайтиргичларда құшымча электродлар – диодлар бұлғани учун иккіламчи эмиссия ҳисобига фототок бир неча марта кучайтирилади. Кучайтиргичларнинг бир неча конструкциялари мавжуд.

231-расмда әнг сода бир каскадли ФУЭ-1 ва ФУЭ-2 нинг ташқи кўриниши кўрсатилған. Саноатда ФУЭлар фоторелеларда кенг қўлланилмоқда.

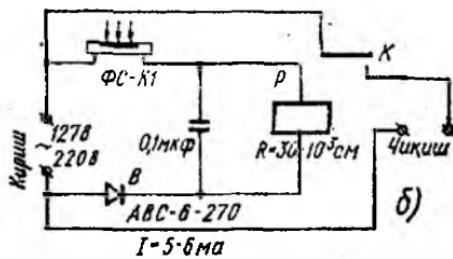
Фотоэлектрон релелар хавфсизликни таъминловчи ҳимоя асбобларидир. Сигнал бериш асбоблари, ҳисоблагичлар ва тушаётган ёруғлик нурининг ўзгариши орқали бошқариладиган бошқа асбобларда қўлланилади. Фотореле фотоэлемент, электрон кучайтиргич ва чулгами орқали кучайтирилған ток ўтганда ишлайдиган электромагнит релелардан тузилған бўлади (232-расм, а, б).



231-расм



a)



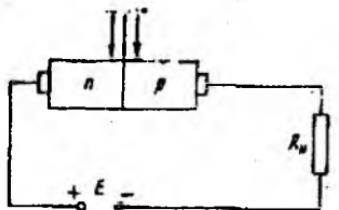
б)

232-расм, а, б

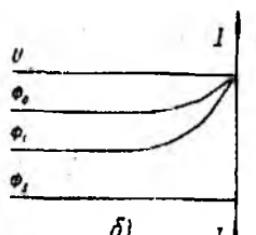
Ёруғлик оқими фотоэлементта түшганды унинг ўтказувчанлиги ортади. Демак, фототок ҳам ортади, натижада түр күчланиши ортади. У ҳолда лампа түридаги күчланишнинг ортиши туфайли анод токи ҳам ортади ва электромагнит реле ишлайди.

13.3. ФОТОДИОД

Фотодиод ярим ўтказгичли асбоблардан бири бўлиб, автоматика ва ҳисоблаш техникасида кенг қўлланилади. Фотодиод р-п ўтишга асосланган ярим ўтказгичли пластинкалардан иборат (233-расм, а). Унинг ишлаш жараёни ёруғлик нури таъсирида р-п ўтиш соҳасида электрон-тешик жуфтларнинг уйғотилишига асосланган.



а)



б)

в)

233-расм, а, б, в

Агар ярим ўтказгичли кристалл ёритилса, ёруғлик квантлари электронларни ўтказувчанлик зонасига чиқаради ва қўшимча электрон-тешик жуфтларини ҳосил қиласди. Агар бу жуфт зарядлар р-п ўтишга яқин масофада ҳосил қилинса (одатда, бу масофа электрон-тешикларнинг диффузия узунлигидан кичик бўлади), улар рекомбинацияга учрамай, р-п ўтишга етиб бора олади. Р-п ўтишда бу

электрон-тешик жуфтлари ажралади. Ярим ўтказгичнинг бу соҳаси учун асосий бўлган ток ташувчилар (233-расм, а даги ҳол учун электронлар) ўз соҳаларида қолади. Асосий бўлмаган ток ташувчилар эса р-п ўтиш майдони таъсирида ўзлари учун асосий бўлган соҳага ўтиб кетади. Ёргулук оқими қанча кучлироқ бўлса, шунча кўпроқ электрон-тешиклар жуфти ҳосил бўлади. Мос равишда р-п ўтишда ажралётган электрон-тешик жуфтлари сони ҳам ортиб боради, яъни р-п ўтишдан кўпроқ ток ўта бошлайди.

Гетеро-ўтишлар асосида тайёрланган фотодиодларда электрон-тешик жуфтлари бевосита гетеро – р-п ўтишда ҳосил қилинади. Бу ҳолда ярим ўтказгичли кристалл ҳажмида электрон-тешик жуфтларининг фойдасиз рекомбинацияси камаяди.

Агар фотодиоднинг вольт-ампер характеристикасининг ёргулук оқимининг ҳар хил қийматларида олинса (233-расм, б), у худди транзисторнинг чиқиш характеристикаларини эслатади. Ҳақиқатдан ҳам ушбу ҳолда ёргулук оқими ярим ўтказгичда заряд индуksияловчи эмиттер вазифасини бажаради. Бу зарядлар коллектор вазифасини бажарувчи р-п ўтиш томон диффузиялана бошлайди.

Фотодиодлар икки хил режимда: фотодиод режимида ва фото ЭЮК генерацияси режимида ишлатилади.

Фотодиод режими ишлатилганда р-п ўтишга тескари кучланиш берилади. Агар фотодиод ёритилмаса, занжирда фақат тескари йўналишида уланган диоднинг «қоронфилик» токи ўтади. Бу ток ўтказгичда иссиқлик генерацияси туфайли ҳосил бўлади. Ёритилганда қандай ҳодиса бўлиши юқорида айтиб ўтилди.

Фототокнинг ёргулук оқимига боғлиқлиги фотодиоднинг амперлюкс ёритилганлик характеристикаси деб аталади. Фотодиод режимида бу характеристика тўғри чизиқли бўлади (233-расм, в).

Фототокнинг фотодиодга тушаётган ёргулук оқимига нисбати фотодиоднинг сезгирилиги деб аталади:

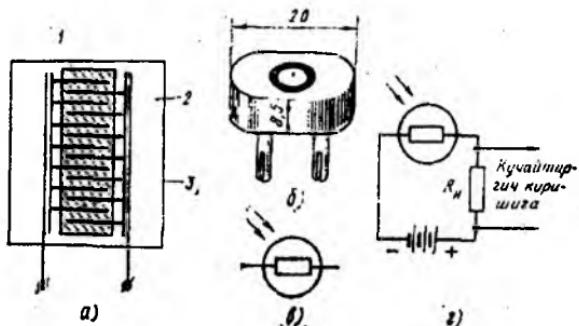
$$K = \frac{I_\phi}{\Phi}.$$

Фотодиоднинг сезгирилиги ёргулук оқимига ҳам, ташки кучланишга ҳам боғлиқ бўлмаган ўзгармас катталиқдир. Фотодиодларнинг сезгирилиги ёргулукнинг спектрал таркиби боғлиқ. Сезгириликнинг ёргулук тўлқини узунлигига боғлиқлиги фотодиоднинг спектрал характеристикаси деб аталади.

Фотодиоднинг мураккаб спектрал таркибли ёргултика сезгирилиги интеграл сезгирилик деб аталади.

13.4. ФОТОРЕЗИСТОРЛАР

Ёруғлик нурланиш таъсирида қаршилигини ўзгартырадиган ярим ўтказгичли асбобга фоторезистор деб аталади. Фоторезисторлар ички фотоэлектр эффект асосида ишлады. Ёруғлик таъсирида баъзи бир ярим ўтказгичларнинг қаршилиги бир неча ўн марта камайиши занжирдаги токнинг кўпайишига олиб келади.



234-расм, а, б, в, г

изоляцион пластинка бўлиб, улар орасига ёруғлик сезувчи қатлам – ярим ўтказгич суртилади (234-расм, а).

Фоторезистор тузилиши жиҳатдан, шиша таглик 1 га маҳкамланган ва пластмасса корпусга жойлаштирилган ярим ўтказгич 2 дан иборат. Ярим ўтказгичнинг чеккаларига металл контактлар 3 маҳкамланади, унинг марказий қисми эса корпусдаги дарча тагига жойлаштирилади. Асбобнинг ишлаш жараёни ёруғлик нури туширилганда фоторезистор қаршилигининг ўзгаришига асосланган. Қаршиликнинг ўзгариш чегаралари ярим ўтказгичнинг типига, ёритилиш интенсивлигига ва ёруғликнинг спектрал таркибига боғлиқ. Фоторезисторнинг қоронгиликдаги қаршилигининг ёруғликдаги қаршилигига нисбати 10 га яқин бўлиши мумкин.

Фоторезисторлар турли релели схемаларда (масалан, нур ёрдамида ҳар хил қурилмаларни улаш ёки узиш, деталларни автоматик тарзда синаш кабиларда) ишлатилади.

Электротехника саноатида ФС–АО, ФС–АІ, ФС–ФГ (ярим ўтказгич – қўргошин сульфид), ФСК–М1, ФСК–М2 ва бошқа типидаги фоторезисторлар чиқарилмоқда (234-расм, б). Уларнинг қоронгиликдаги токи эса микроампернинг улушларини, қоронгиликдаги қаршилиги одатда, юзларча ва мингларча мегаомни ташкил этади. 234-расм, в, г ларда фоторезисторларнинг шартли белгиси ва уланиш схемаси тасвирланган.

Фоторезисторларнинг се зири лиги 1 В

кучланишда $\frac{\text{мкА}}{\text{Лм}}$ билан

ўлчаниб, энг яхши юқори частотали фоторезисторларнинг се зири лиги

$400-500 \frac{\text{мкА}}{\text{Лм}}$ га етади.

Фоторезистор икки гуруҳдан ташкил топган

ташкимларни кечирсанда ярим ўтказгич суртилади (234-расм, в).

Такрорлаш учун саволлар

1. Фотоэлектрон асбоблар ишилаш жараёнига кўра қандай гуруҳларга бўлиниади?
2. Фотодиоднинг ишилаш жараёни қандай ўтказувчаникка асосланади?
3. Фотодиоднинг сезгирилги нима ва у ёруғликнинг қандай параметрларига боғлиқ?
4. Фоторезисторнинг тузилиши ва ишилаш жараёнини тушунтиринг.
5. Фоторезисторлар қандай схемаларда ишлатилади?

АДАБИЁТЛАР

1. **А. Раҳимов**, «Умумий электротехника», «Ўқитувчи», Тошкент, 1981 й.
2. **А. Раҳимов**, «Электротехника ва радиотехникадан практикум», «Ўқитувчи», Тошкент, 1983 й.
3. **А. Раҳимов**, «Электротехника ва электроника асослари», «Ўқитувчи», Тошкент, 1988 й.
4. **Р. Маллин**, Физикадан русча-ўзбекча терминлар лугати, «Ўқитувчи», Тошкент, 1974 й.
5. **А. Блашкин**, «Общая электротехника», Ленинград, 1986 й.

МУНДАРИЖА

Сүз боши	4
Кириш	5

I БОБ. БИР ФАЗАЛИ ЎЗГАРУВЧАН ТОК ЭЛЕКТР ЗАНЖИРЛАРИ

1.1. Синусоидал электр юритувчи куч ҳосил қилиш	7
1.2. Фаза ва фазалар сиљиши	11
1.3. Ўзгарувчан токнинг эфектив ва ўртача қийматлари	13
1.4. Синусоидал токнинг векторлар диаграммаси	17
1.5. Ўзгарувчан ток занжири ҳақида умумий муроҳазалар	19
1.6. Синусоидал ток занжирида актив қаршилик	20
1.7. Синусоидал ток занжирида индуктивлик	24
1.8. Синусоидал ток занжирида сифим	28
1.9. Актив қаршиликлар ва сифим қаршиликли занжир	31
1.10. Ўзгарувчан ток занжирида актив ва индуктив қаршилик	33
1.11. Тармоқланган ва тармоқланмаган ўзгарувчан ток занжирлари	34
1.12. Актив қаршиликлар, индуктивликла сифимли занжир	38
1.13. Кучланишлар резонанси	40
1.14. Токлар резонанси	43
1.15. Ўзгарувчан ток мураккаб занжирлари	46
1.16. Кувват коэффициенти ва унинг аҳамияти	51
1.16' Актив ва реактив энергия	52
1.17. Ўзгарувчан ток занжирини символик усула ҳисоблаш	53

II БОБ. УЧ ФАЗАЛИ ТОК

2.1. Уч фазали ток ва уни ҳосил қилиш	60
2.2. Айланувчи магнит майдони	63
2.3. Генератор чулғамларини юлдуз усулида улаш	68
2.4. Генератор чулғамларини учбўрчак усулида улаш	70
2.5. Истеъмолчиларни юлдуз усулида улаш	73
2.6. Истеъмолчиларни учбўрчак усулида улаш	75
2.7. Уч фазали токнинг қуввати	78

III БОБ. ЭЛЕКТР ЎЛЧАШ АСБОБЛАРИ

3.1. Асосий тушунчалар	80
3.2. Электр ўлчаш асбобларининг турлари	82
3.3. Магнитоэлектрик тизим асбоблари	85
3.4. Электромагнит тизим асбоблари	87
3.5. Электродинамик тизим асбоблари. Ваттметр	89
3.6. Индукцион тизим асбоблари	92
3.7. Уч фазали счётчик	96
3.8. Детекторли асбоблар	97
3.9. Термоэлектрик асбоблар	98
3.10. Вибрацион асбоблар	99
3.11. Магнитоэлектрик омметр	100
3.12. Логометрлар	102
3.13. Фазометр	103
3.14. Ток ва кучланишини ўлчаш	105
3.15. Электрой вольтметр	107
3.16. Уч фазали ток занжирида актив ва реактив қувватни ўлчаш	109
3.17. Ноэлектрик катталикларни электрик ўлчаш	112
3.18. Индуктив ўзгартиргичлар	113
3.19. Сигимли ўзгартиргичлар	114
3.20. Пъеззэлектрик ўзгартиргичлар	115
3.21. Бақдаги ёнилғи сатҳи кўрсаткичи	116

IV БОБ. ТРАНСФОРМАТОРЛАР

4.1. Умумий тушунчалар	118
4.2. Бир фазали трансформаторнинг тузилиши ва ишлаш жараёни	120
4.3. Трансформаторнинг салт ишлаши	122
4.4. Юкланган трансформаторнинг иши	125
4.5. Трансформаторларда энергия исрофлари	132
4.6. Трансформаторларнинг фойдали иш коэффициенти	133
4.7. Уч фазали трансформаторлар	134
4.8. Трансформаторларнинг параллел ишлаши	136
4.9. Магнитловчи кучлар тенгламаси	139
4.10. Улчаш трансформатори	140
4.11. Автотрансформаторлар	143
4.12. Пайвандлаш трансформаторлари	146
4.13. Трансформаторнинг қисқа туташиш иш режими	149
4.14. Трансформаторларни совитиш	150

V БОБ. ЎЗГАРУВЧАН ТОК ЭЛЕКТР МАШИНАЛАРИ. АСИНХРОН ЭЛЕКТР ДВИГАТЕЛЛАРИ

5.1. Умумий тушунчалар	153
5.2. Асинхрон двигательнинг ишлаш жараёни	156
5.3. Роторнинг сирпаниши	158
5.4. Уч фазали асинхрон двигательнинг тузилиши	159
5.5. Асинхрон двигательнинг айлантирувчи моменти	161
5.6. Асинхрон двигательнинг характеристикалари	165
5.7. Роторнинг айланыш тезлигини ўзгартириш	167
5.8. Асинхрон двигателларни ишга тушириш	169
5.9. Икки фазали асинхрон двигатель	171
5.10. Бир фазали двигателлар	172
5.11. Асинхрон двигателда қувват исрофи. Двигательнинг ФИК	174

VI БОБ. СИНХРОН МАШИНАЛАР

6.1. Асосий тушунчалар	178
6.2. Синхрон генераторнинг иш жараёни ва тузилиши	179
6.3. Синхрон генераторнинг салт ишлаши	182
6.4. Синхрон генераторнинг юклама билан ишлаши	183
6.5. Синхрон генераторларни параллел ишлатиш	186
6.6. Синхрон двигателлар	190
6.7. Синхрон двигателининг характеристикалари	193
6.8. Синхрон компенсаторлар	195

VII БОБ. ЎЗГАРМАС ТОК МАШИНАЛАРИ

7.1. Асосий тушунчалар	199
7.2. Ўзгармас ток машиналарининг тузилиши	200
7.3. Ўзгармас ток генераторининг электромагнит моменти	203
7.4. Якор реакцияси	205
7.5. Ток коммутацияси	207
7.6. Ўзгармас ток генераторларининг турлари	208
7.7. Ўзгармас ток генераторидаги исрофлар	211
7.8. Ўзгармас ток генераторидаги фойдали иш коэффициенти	213
7.9. Ўзгармас ток двигателлари	214
7.10. Ўзгармас ток двигателини ишга тушириш	216
7.11. Ўзгармас ток двигателининг характеристикалари	219
7.12. Ўзгармас ток двигателларидаги исрофлар ва двигателининг ФИК	221

VIII БОБ. ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯ ХОСИЛ ҚИЛИШ, УЗАТИШ ВА ТАҚСИМЛАШ

8.1. Асосий түшунчалар	224
8.2. Конденсацион иссиқлик электр станциялари	225
8.3. Иссиқлик электр марказлари	228
8.4. Гидроэлектростанциялар	230
8.5. Атом электр станциялари	233
8.6. Магнитогидродинамик генератор	234
8.7. Қоюш энергиясыдан фойдаланиш	236
8.8. Электр энергияни узатиш	239
8.9. Узгармас токни узок масофага узатиш	242
8.10. Линия ва тармоқлар	243

IX БОБ. ЭЛЕКТРИК ЮРИТМА

9.1. Умумий түшунчалар	245
9.2. Электрик юритманинг механикавий характеристикаси	247
9.3. Электрик юритманинг динамик моменти	249
9.4. Электрик юритмаларнинг айланыш частотасини ростлаш	251
9.5. Электр двигатель қувватини танлаш	252
9.6. Башқариш асбобларининг турлари	257
9.7. Магнитли ишга туширгичлар	259
9.8. Магнитли кучайтиргичлар	261
9.9. Химия асбоблари. Иссиқлик релеси	263
9.10. Электрон релелар	265
9.11. Электр сағлагичлар	267
9.12. Технологик датчиклар	270

X БОБ. АВТОМАТИКА ВА ТЕЛЕМЕХАНИКА АСОСЛАРИ

10.1. Автоматика ҳақида түшунча	274
10.2. Телемеханика ҳақида түшунчалар	275
10.3. Автоматик қазорат	276
10.4. Автоматик башқариш	277
10.5. Автоматик ростлаш	279
10.6. Телемеханика структураси	281

XI БОБ. ЭЛЕКТРОНИКА АСОСЛАРИ

11.1. Асосий түшунчалар	282
11.2. Икки электродли электрон лампа	284
11.3. Кенотрон түгрилагичлар	286
11.4. Электр фильтрлар	290
11.5. Уч электроддай лампа	293
11.6. Гетрод	297
11.7. Пентод	298
11.8. Нурлы тетрод	300

XII БОБ. ЯРИМ ҮТКАЗГИЧЛИ АСБОБЛАР

12.1. Умумий түшунчалар	302
12.2. Ярим үтказгичларнинг электр үтказувчанлиги	302
12.3. Ярим үтказгичли ясси диодлар	304
12.4. Түннель диод	306
12.5. Варикаллар	307
12.6. Ярим үтказгичли түгрилагичлар	308

XIII БОБ. ФОТОЭЛЕКТРОН АСБОБЛАР

13.1. Умумий түшунчалар	311
13.2. Фотоэлектрон асбоблар	312
13.3. Фотодиод	313
13.4. Фоторезисторлар	315

Абдулла РАҲИМОВ

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА ВА ЭЛЕКТРОНИКА АСОСЛАРИ

Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта маҳсус таълим вазирлиги университетларнинг талабалари учун дарслик сифатида тавсия этган

Муҳаррир:

Мусаввир:

Tex. муҳаррир:

Мусаҳих:

У. МАҲМУДХЎЖАЕВ.

М. ШОХОДАТОВ.

Б. ЙЎЛЧИЕВ.

Х. УМАРАЛИЕВ.

Теришга берилди 8.07.2003 йил. Босишга рухсат этилди 4.08.2003 йил. Оқ қогоғ № 1 га офсет усулида босилди. Бичими 60x84. 1/16. Ҳажми 20 босма табоқ. Адади 500 нусха. Буюртма № 1115. Баҳоси келишилган нархда.

«Наманган» нашриёти, Наманган ш, Навоий кӯчаси, Матбуот уйи, 3-қават.
Чуст босмахонаси, Чуст шаҳри, Сўғизода кӯчаси, 8-үй.

